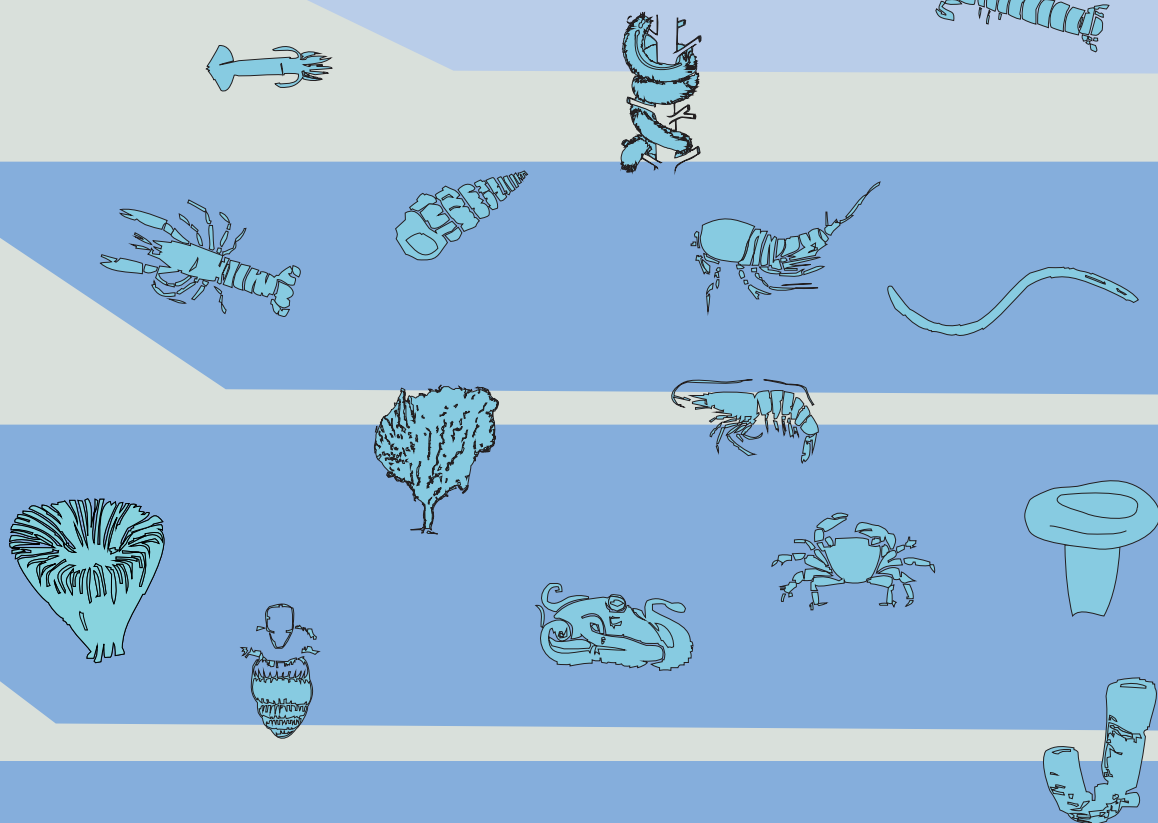


# Avances en estudios de biología marina: contribuciones del XVIII SIEBM GIJÓN







# Avances en estudios de biología marina: contribuciones del XVIII SIEBM GIJÓN

Javier Cristobo y Pilar Ríos (Coord.)

Instituto Español de Oceanografía  
MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD



Avances en estudios  
de biología marina:  
contribuciones  
del XVIII SIEBM GIJÓN

Javier Cristobo y Pilar Ríos (Coord.)

**Fotografías de Portada:** Javier Cristobo

**Edita:** Instituto Español de Oceanografía  
Ministerio de Economía, Industria y Competitividad

**Copyright:** Instituto Español de Oceanografía  
Corazón de María, 8. 28020 Madrid  
Telf.: 915 974 443 / Fax: 915 947 770  
E-mail: [ieo@md.ieo.es](mailto:ieo@md.ieo.es)  
<http://www.ieo.es>

**NIPO:** 063170012

**ISBN:** 978-84-95877-56-7

**Depósito legal:** M-25857-2017

**Realización, impresión y encuadernación:** DiScript Preimpresión, S.L.

## Coordinación Editorial

Javier Cristobo  
Pilar Ríos

## Autores

Anadón, N.  
Antit, M.  
Arias, A.  
Báez, A.  
Bárceñas, P.  
Baro, J.  
Bueno, I.  
Calzado, P.  
Carrasco, J. F.  
Cristobo, J.  
De la Uz, S.  
Del Río, J. L.  
Díaz, A.  
Durán Muñoz, P.  
Enrique, C.  
Fernández-Rodríguez, I.  
Fernández-Salas, L. M.  
Gallardo, M.  
Gallardo-Núñez, M.  
Gallardo Roldán, H.  
García, T.  
Giráldez, A.  
González, J. A.  
Gutiérrez, A. J.  
Hardisson, A.  
León, E.  
López Abellán, L. J.  
López-González, N.  
López, J.  
Lourido, A.  
Lozano, E.  
Lozano, G.  
Lozano, M.  
Lozano Soldevilla, F.  
Marina, P.  
Moya, E.  
Paredes, P.  
Parra, S.  
Ríos, P.  
Rodríguez, C.  
Rueda, J. L.  
Sacau, M.  
Sánchez, F.  
Sarralde, R.  
Serna, J. M.  
Serrano, A.  
Urrea, J.  
Xavier, J.





# Índice

<b>Prólogo</b> .....	13
<b>Article 1. The Effect of Season on Larval and Post-Larval Development of Sea Urchin <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)</b> .....	15
1. Introduction .....	17
2. Materials and Methods.....	17
2.1. Reproductive condition .....	17
2.2. Larval development.....	18
2.2.1. Pre-feeding stage.....	18
2.2.2. Feeding stage.....	18
2.2.3. Perimetamorphic stage.....	18
2.3. Statistical analyses .....	19
3. Results.....	19
3.1. Reproductive condition .....	19
3.2. Larval development.....	20
3.2.1. Pre-feeding stage.....	20
3.2.2. Feeding stage.....	20
3.2.3. Perimetamorphic stage.....	21
4. Discussion.....	22
5. Acknowledgements.....	24
6. References.....	24
<b>Artículo 2. Variabilidad espacial y temporal de moluscos de fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga</b> .....	25
1. Introducción.....	27
2. Material y métodos.....	28
2.1. Área de estudio.....	28
2.1.1. Recolección de las muestras faunísticas.....	29
2.1.2. Caracterización de la columna de agua y análisis del sedimento .....	30
2.1.3. Análisis de los datos.....	30
3. Resultados .....	30
4. Discusión .....	36
5. Agradecimientos.....	38
6. Referencias.....	39
<b>Article 3. Study of Vulnerable Marine Ecosystems of the Atlantic Ocean and its application to the fisheries management on the High Seas</b> .....	41

1. Introduction.....	44
2. Material & Methods.....	45
2.1. Study areas.....	45
2.2. Methodology and data collected.....	46
3. Results & Discussion.....	46
3.1. Case Study 1: ECOVUL-ARPA project (Hatton Bank, NEAFC). Research on VMEs and management measured adopted.....	46
3.1.1. Next steps and lessons learned.....	48
3.2. Case Study 2: NEREIDA project (Grand Banks, Flemish Pass, and Flemish Cap, NAFO). Research on VMEs and management measured adopted.....	49
3.2.1. Next steps and lessons learned.....	50
3.3. Case Study 3: ATLANTIS project (Patagonian shelf and adjacent slope, SW Atlantic). Research on VMEs and management measured adopted.....	52
3.3.1. Next steps and lessons learned.....	53
3.4. Case Study 4: RAP-SUR project (Walvis Ridge and adjacent seamounts, SEAFO Convention Area). Research on VMEs and management measured adopted.....	54
3.4.1. Next steps and lessons learned.....	56
4. Conclusions.....	57
5. Acknowledgements.....	57
6. References.....	58
<b>Artículo 4. Diversidad de holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) de la costa y plataforma continental de Asturias.....</b>	<b>61</b>
1. Introducción.....	63
2. Material y métodos.....	63
3. Resultados.....	65
4. Discusión y conclusiones.....	76
5. Agradecimientos.....	78
6. Referencias.....	78
<b>Artículo 5. Invertebrados de afinidad subtropical en descartes de la flota marisquera del mar de Alborán.....</b>	<b>79</b>
1. Introducción.....	81
2. Material y métodos.....	81
3. Resultados.....	82
4. Discusión.....	84
5. Agradecimientos.....	84
6. Referencias.....	85
<b>Artículo 6. Estado actual de <i>Patella ferruginea</i> Gmelin, 1791, <i>Dendropoma cristatum</i> (Biondi, 1859) y <i>Astroides calycularis</i> (Pallas, 1766) en la ZEC de Aguadú (Melilla).....</b>	<b>87</b>
1. Introducción.....	89
2. Material y métodos.....	90
3. Resultados.....	90
4. Discusión.....	92
5. Referencias.....	94

<b>Artículo 7. Investigando hábitats y especies marinos: el caso de las comunidades endobentónicas de fondos blandos del banco de Galicia y el sistema de cañones submarinos de Avilés</b> .....	95
1. Introducción.....	97
2. Material y métodos.....	98
2.1. Área de estudio.....	98
2.2. Métodos de muestreo .....	99
2.3. Análisis de datos.....	99
3. Resultados .....	100
3.1. Sedimentos.....	103
3.2. Macroinfauna.....	103
3.3. Comunidades infaunales.....	108
4. Discusión .....	112
4.1. Sedimento y abundancia faunística.....	112
4.2. Composición faunística.....	112
5. Agradecimientos.....	113
6. Referencias.....	113
<b>Artículo 8. Contenido de metales pesados tóxicos (Hg, Pb y Cd) en tiburones de profundidad de la isla de Tenerife (Islas Canarias) y Azores</b> .....	115
1. Introducción.....	117
2. Material y métodos.....	117
2.1. Material biológico.....	117
2.2. Estudio analítico .....	119
3. Resultados y discusión.....	120
4. Agradecimientos.....	121
5. Referencias.....	122
<b>Artículo 9. Porifera del Cañón de la Gaviera (Sistemas de Cañones de Avilés, Mar Cantábrico)</b> .....	123
1. Introducción.....	126
2. Área de estudio.....	126
3. Material y métodos.....	126
4. Discusión y conclusiones .....	129
5. Agradecimientos.....	133
6. Referencias.....	133
<b>Artículo 10. <i>Triptolemma intextum</i> (Carter, 1876) (Porifera), una rara esponja del banco de Galicia</b> .....	135
1. Introducción.....	137
2. Material y métodos.....	138
3. Resultados .....	138
4. Discusión .....	142
5. Agradecimientos.....	142
6. Referencias.....	143



## Prólogo

Es indudable que en los últimos años las investigaciones en biología marina han experimentado un notable avance en nuestro país. Las nuevas tecnologías y la dotación de medios, como modernos buques oceanográficos y novedosas técnicas de laboratorio, son algunas de las herramientas que contribuyen cada día a ello.

En septiembre de 2014, con motivo del año de su centenario, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) patrocinó el XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina (SIEBM), que, organizado con gran éxito por su Centro Oceanográfico de Gijón, congregó en esa ciudad asturiana a más de 150 científicos portugueses y españoles, dándoles la oportunidad de mostrar sus trabajos más actuales y novedosos. Como resultado de los cinco días de ponencias y debates, se presentaron seis conferencias invitadas y 164 comunicaciones científicas, 78 de ellas orales.

Desde su fundación, en 1914, el IEO ha estado muy ligado a los estudios de biología marina, hoy en día englobados en una de sus tres amplias áreas de conocimiento, la de medio marino, que junto con la de pesquerías y biodiversidad y la de acuicultura, agrupa a científicos y técnicos de ciencias y materias tan variadas y necesarias para el estudio de los océanos como la biología, la geología, la física, la química, la contaminación, la genética, la bioquímica, los ecosistemas marinos vulnerables, los impactos antropogénicos y naturales, las áreas marinas protegidas, etc.

Esta publicación, que tengo el honor de prologar a propuesta de los organizadores del SIEBM, reúne algunos de los trabajos presentados en esta veterana reunión científica bianual, que cumple ya dieciocho ediciones y una larga trayectoria de 38 años de vida, sirviendo de punto de encuentro de los investigadores marinos ibéricos.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al personal del Centro Oceanográfico de Gijón y a los colaboradores de otros Centros Oceanográficos del IEO por su implicación, desde el primer momento, en la organización y en el desarrollo del SIEBM, ya que, sin ningún género de duda, durante este tipo de acontecimientos se fortalece la colaboración entre científicos de distintos países, coadyuvando a la mejora del conocimiento y prestigiando a la institución organizadora.

Mi más sincera enhorabuena a todos los autores que han contribuido a esta iniciativa, y muy particularmente a Javier Cristobo y a Pilar Ríos, organizadores y *alma mater* del XVIII SIEBM, por su extraordinario trabajo, por su compromiso y por su incansable dedicación.

Eduardo Balguerías Guerra  
Director del IEO



Article 1. The Effect of Season on Larval and Post-Larval Development of Sea Urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

*Artículo 1. Efecto de la estación sobre el desarrollo larvario y post-larvario del erizo de mar Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816)*

De la Uz, S.<sup>1\*</sup>; Carrasco, J. F.<sup>2</sup>; Rodríguez, C.<sup>1</sup>; López, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Experimentación Pesquera. Dirección General de Pesca Marítima. C/ El Muelle, s/n 33760 Castropol. Asturias. silviadelauz@gmail.com

<sup>2</sup> Centro de Experimentación Pesquera. Dirección General de Pesca Marítima. Av. Príncipe de Asturias, s/n. 33212 Gijón. Asturias.



## Abstract

In this study, the morphological plasticity and larval and post-larval survival from eggs obtained from a single population of *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) during a reproductive cycle was compared. For this purpose, four seasonal larval cultures were conducted and maintained in the same feeding conditions. Morphological parameters were recorded during larval development and survival and metamorphosis rate at the end of the cultures. The duration of larval life ranged from 16-18 days, except for the culture of autumn that ended the day 26. On day 11, 100% of larvae sampled had the rudiment in spring, summer and winter; no differences in size. No significant differences between larval survival (>80%), however, metamorphosis rates were significantly different between seasons. Spring larvae reached the best results (94%), while autumn equinopluteus, with the worst rates recorded, only got 31%. The observations obtained on the morphometry of equinopluteus and larval and post-larval reached at different times of the year contribute to the knowledge of larval behavior and the establishment of optimal and profitable aquaculture production periods yields.

**Keywords:** Larval morphology, Survivorship, Season, *Paracentrotus lividus*, Echinoid.

## Resumen

*En este estudio, se comparó la plasticidad morfológica de la larva y la supervivencia larvaria y post-larvaria de huevos obtenidos de una misma población de Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816) a lo largo de un ciclo reproductivo. Para ello, se llevaron a cabo cuatro cultivos larvarios estacionales mantenidos en las mismas condiciones de alimentación. Se registraron los parámetros morfológicos durante el desarrollo larvario, y la supervivencia y tasa de metamorfosis al final del cultivo. La duración de la vida larvaria varió entre 16-18 días, excepto para el cultivo realizado en otoño que se dio por finalizado el día 26. El día 11 de cultivo el 100% de las larvas muestreadas presentaban el primordio equiniano en los cultivos de primavera, verano e invierno; sin diferencias en la talla. No se observaron diferencias significativas entre las supervivencias larvarias (>80%), sin embargo las tasas de metamorfosis alcanzadas por los diferentes cultivos fueron significativamente diferentes. Las larvas de primavera obtuvieron los mejores resultados (94%), mientras que las equinopluteus de otoño, con las peores tasas registradas, sólo consiguieron una fijación del 31%. Las observaciones obtenidas sobre la morfometría de las equinopluteus y los rendimientos larvarios y post-larvarios alcanzados en las diferentes épocas del año contribuyen al conocimiento del comportamiento larvario y al establecimiento de los periodos óptimos y rentables en la producción acuícola.*

**Palabras clave:** Morfología larvaria, Supervivencia, Estación, Paracentrotus lividus, Equinoideo.

## 1. Introduction

Larvae of several marine taxa possess the ability to produce different phenotypes that are specific to different environmental conditions (phenotypic plasticity). Echinoids change the size of their feeding structure in response to the amount of food (Boidron-Metairon, 1988; Hart and Strathmann, 1994). Under low food availability, larvae increase the length of the ciliated band, a respond that is correlated with lengthening of arms rods in pluteus larvae.

Phenotypic variation is associated with the utilization of two different energetic resources available to the larva: 1) the endogenous energetic reserves obtained from the parents or 2) the exogenous food resources acquired from the larval feeding environment (McAlister, 2007).

The plasticity development of echinoplutei in response to different quality and quantity of diet has been well described from multiple species (Kelly *et al.*, 2000; Jimmy *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2007; Carboni *et al.*, 2012) but the effect of different egg quality on larval performance is scarce (Bertram and Strathmann, 1998). The degree of parental investment in an individual offspring is reflected in the size of the egg from which that individual develops. Egg size is correlated with initial size of the larva, the duration and rate of larval development.

In *Paracentrotus lividus* is possible, and relatively easy, to realize inductions to spawn, to obtain gametes and to carry out the larval culture during a wide range of their reproductive cycle (Grosjean *et al.*, 1998). But the effect of gonadal development stage on the larval development has remained lack of interest. The objective of this study was to determine the effect of gonadal stage on larval and post-larval performance, survival rate and success in metamorphosis.

## 2. Materials and Methods

Specimens from a locality of the Spanish Cantabrian coast, western of Asturias (Castropol, 43°33'23.9"N 7°01'44.8"W) were used in the current study. Sea urchins ranging from 45 to 55 mm were intertidally collected at 3 months intervals (March, June, September and December 2012) during an annual cycle. In the tide pools with coralline algae lining the substratum, sea urchins were found in dense aggregates.

### 2.1. Reproductive condition

On each sampling occasion, 30 sea urchins were measured, wet-weighed, dissected, and then, the five gonads were weighted. The wet gonadosomatic index (GSI) was used because it is the most commonly used in the literature since it is easier and simpler than others. The GSI was calculated using the formula:

$$\text{GSI} = (\text{wet weight of gonads} / \text{wet weight of whole animal}) \times 100$$

For each season, five female and five male gonads were preserved in Davidson's fixative for histological studies. Before microscope observations, the gonads were embedded in paraffin,

sectioned at 7  $\mu\text{m}$  and finally stained with haematoxylin and eosin. The sections were analysed by using a photonic microscope and classified according to stages established by Byrne (1990). This classification characterizes the gonadal development in six stages: Stage I (recovery stage), Stage II (growing stage), Stage III (premature stage), Stage IV (mature stage), Stage V (partly spawned) and Stage VI (spent stage).

## 2.2. Larval development

### 2.2.1. Pre-feeding stage

Also, on each sampling date, at least 10 sea urchins were induced to spawn by injection of 2 ml 0.5 M KCl into the coelom via the peristomial membrane on March, June, September and December. Approximately thirty minutes after the induction, the gametes of two best females were collected, pooled and measured the diameter of thirty eggs. Then, they were fertilized by adding diluted sperm of two males (fertilization was >90% in all experimental runs). The fertilized eggs were left to hatch in a 50 L container in 10  $\mu\text{m}$  filtered seawater (FSW) without aeration. At 48 h, thirty prism larvae were haphazardly removed and the body length of each larva was measured. The length of the bodyrod provided a good estimate of larval size for the early developmental stage (Miner, 2007).

### 2.2.2. Feeding stage

The larval culture methods were adapted from Grosjean *et al.* (1998). At 48 h post-fertilization, larvae (prism stage) were transferred at a concentration of 250 larvae per liter into four 200 L cylindrical tank. The larval rearing water was gently aerated and stirred by central bubbling, maintained at  $20.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$  and unchanged for the whole larval period. Larvae were fed daily with the microalgae *Chaetoceros gracilis* at a concentration  $10 \times 10^6$  cells  $\text{mL}^{-1}$  (i.e.  $1.2 \times 10$  diatoms  $\text{larva}^{-1} \text{day}^{-1}$ ). Every third day, 15 larvae were randomly sampled from each tank and measured for larval length, postoral arm length, larval body width and rudiment length, according to the method described by Kelly *et al.* (2000).

Larval competence was evaluated from the 16th day after fertilization and onwards by placing samples of 30 larva into Petri dishes filled with 50 ml of FSW (12 replicates were done) together with a metamorphosis inducing factor, *Corallina* spp. The larval set was considered to be competent, and then the larval development finished, when a mean value of at least 70% metamorphosis was reached at 24 h. Final survival rate was calculated, as the percentage of larvae in the tanks to larvae initially dispensed into the tanks.

### 2.2.3. Perimetamorphic stage

When *P. lividus* larvae were considered competent to settlement, they were observed to initiate metamorphosis over a 72 h period. The metamorphosis rate on Petri dishes was noted 24

and 72 h post-induction, for all seasons. And the diameter of 5 post-larvae by Petri dish (n=60) was measured at 72 h post-settlement.

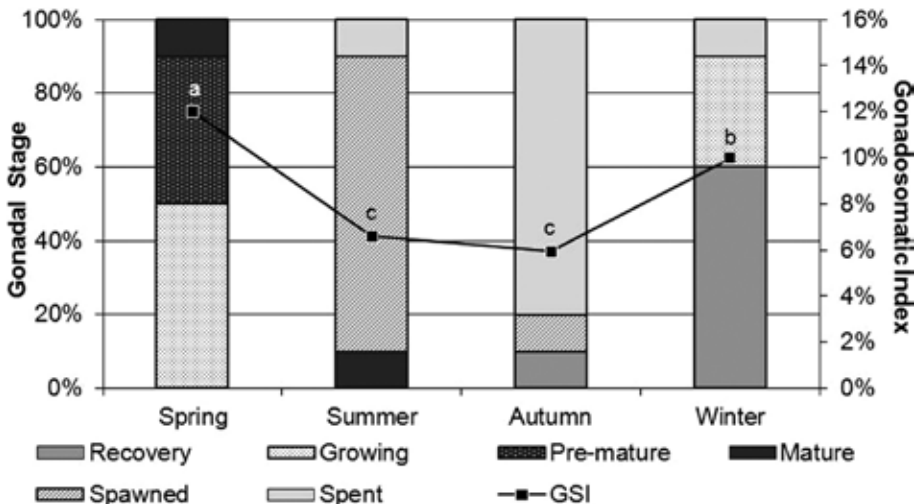
### 2.3. Statistical analyses

Data are expressed as means  $\pm$  standard deviation ( $\pm$ SD). Percentages were arcsine transformed prior to testing for normality and the difference between the seasons on gonadosomatic index, larval survival and metamorphosis was calculated by one-way ANOVA followed by Tukey multiple range test. To determine the effect of different seasons on reproductive condition and larval performance, data were graphically compared. Seventy-two hours after metamorphosis, also the post-larvae diameter was analyzed using one-way ANOVA.

## 3. Results

### 3.1. Reproductive condition

Reproductive stage (%) and seasonal trend of GSI (%) for the studied population are presented in Figure 1. Gonadosomatic index of sea urchins was significantly different (ANOVA  $F=41.329$ ,  $p<0.001$ ) between the seasons. The population presented the maximum value in Spring ( $12\pm 2.9\%$ ) and minimum values in Summer and Autumn ( $6.6\pm 2.6$  and  $5.9\pm 1.5\%$ , respectively). In winter, sea urchins reached a GSI between maximum and minimum values ( $10.0\pm 2.5\%$ ) (Figure 1).



**Figure 1.** Relative frequency (%) of the gonadal stage and Gonadosomatic Index (GSI) (%) for each season during an annual cycle. Letters indicate significant differences in Gonadosomatic Index between seasons. *Frecuencia relativa (%) del estado gonadal e Índice Gonadosomático (IGS) (%) para cada estación durante un ciclo anual. Letras indican diferencias significativas en el Índice Gonadosomático entre estaciones.*

Seasonal histological observations of the gonads over an annual cycle were made for the studied population (Figure 1). In spring, the presence of the half of the gonads in growing stage indicates that sampling occurred before the maximum maturity period. Only 10% of gonads were in mature stage and 40% in pre-mature stage. However, during the studied annual cycle the highest GSI was recorded in this season. There were no significant differences between the gonadal index of summer and autumn, with the lowest values, but the histology of the gonads showed very different conditions. The urchins sampled in summer were mostly at the partly spawned stage (80%) so the spawning event explains the fall of the index. In autumn, the gonads were mostly at the spent stage (80%). Spent gonads presented thin walls and appear empty, devoid of contents, coinciding with the lowest GSI. Finally, the phase of gonadal recovery (stage I) with thick nutritive layer was more frequent (60%) in winter, in which the gonadal development of sea urchins started.

## 3.2. Larval development

### 3.2.1. Pre-feeding stage

There were significant differences ( $F= 27.702$ ,  $p<0.001$ ) in egg size between seasons. The highest diameter ( $97\pm6 \mu\text{m}$ ) of spring eggs was not significantly different than summer eggs ( $94\pm6 \mu\text{m}$ ) and there were no differences in diameter of summer and winter eggs ( $91\pm6 \mu\text{m}$ ). In autumn, the spawned eggs were the smallest ( $83\pm5 \mu\text{m}$ ).

Forty-eight hours post-fertilization, larvae were in prism stage in all seasons but the larval length was significantly different ( $p<0.001$ ). Winter larvae were the largest ( $353\pm21\mu\text{m}$ ), followed by spring larvae ( $305\pm22\mu\text{m}$ ). No differences were observed between summer and autumn prism larvae ( $244\pm17$  and  $247\pm16 \mu\text{m}$ , respectively)

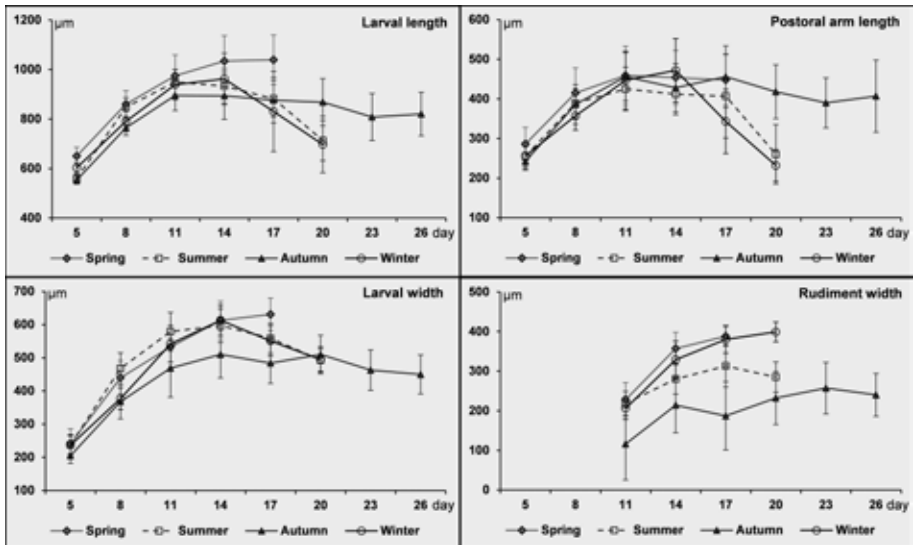
### 3.2.2. Feeding stage

The sea urchin larval growth rate was reflected in larval body indices, such as post-oral arm length, larval length and body width.

In general, spring larvae had the fastest rate of development. In spring, the body width and length increased during all the larval life, and a limited growth of post-oral arm was observed after day 11 (Figure 2). However, in summer and winter, post-oral arm length, larval width and length in urchin larvae increased over the first 11 days post-fertilization, and decreased thereafter, especially after day 14 (Figure 2).

Larval length, post-oral arm length and body width for autumn larvae were smaller than all the other larvae and their growth stalled from day 11 (Figure 2).

Hundred percent of spring, summer and winter larvae had rudiment by day 11, whereas only 35% of autumn larvae had developed the rudiment by this time. At this day, the rudiment diameter was  $228\pm43$ ,  $219\pm30$  and  $206\pm28 \mu\text{m}$  in spring, summer and winter, re-



**Figure 2.** Larval length, post-oral arm length, larval width and rudiment length for *P. lividus* larvae cultured in the four seasons. Means±S.D. (error bars) are given for pooled replicates, n=60 the total number of larvae measured. *Longitud larvaria, longitud del brazo post-oral, anchura larvaria y longitud del rudimento en las larvas de P. lividus en las cuatro estaciones. Medias±D.E. (barras de error) son dadas para las réplicas agrupadas, n=60 el número total de larvas medidas.*

spectively, while the rudiment of the autumn larvae was only  $116\pm 91\ \mu\text{m}$  (Figure 2). At competent stage, the rudiment size of spring and winter larvae ( $388\pm 25$  and  $399\pm 25\ \mu\text{m}$ ) were the largest.

The age at competence, when at least 70% metamorphosis was reached, was different between seasons. Spring larvae were only considered competent to settle (day 16) two days before summer and winter larvae (day 18). But in autumn, due to the slowest and asynchronized larval development, the culture was finished with only 30% of settled larvae (day 26).

However, the effect of season on larval survival, expressed as a percentage of the final larvae density to initial stocking density, was not significantly different between the cultures ( $F=0.173$ ,  $p=0.913$ ), which was higher 80% in average (Table 1).

### 3.2.3. Perimetamorphic stage

Larvae were observed to initiate metamorphosis over a 72 h period from when they were first considered to be competent to settle and significant differences were noted between seasons (Table 1). The highest metamorphosis rate at 24 h was reached in spring (94%) and the lowest rate was recorded in autumn (31%), while there were not significant differences in summer and winter larvae (89 and 83%, respectively). However, at 72 h post-induction, no significant difference was found between spring and winter metamorphosis rate, with the reached maximum values (98%).

	Larval survival rate (%)	Metamorphosis rate (%)	
		24 h	72 h
Spring	88.8±2.8 <sup>a</sup>	94.2±4.5 <sup>a</sup>	98.3±3.0 <sup>a</sup>
Summer	88.8±9.9 <sup>a</sup>	70.0±9.2 <sup>b</sup>	76.1±8.5 <sup>b</sup>
Autumn	80.5±15.0 <sup>a</sup>	30.8±14.1 <sup>c</sup>	43.1±16.5 <sup>c</sup>
Winter	83.5±16.1 <sup>a</sup>	80.3±10.4 <sup>b</sup>	98.1±2.6 <sup>a</sup>
<i>F</i>	0.173	71.313	101.396
<i>p-value</i>	0.913	<0.001	<0.001

**Table 1.** Survival rate (%) for *P. lividus* larvae and metamorphosis rate (%) at 24 and 72 hours when they first appeared competent to settle (day 16 in spring, day 18 in winter and summer, and day 26 in autumn). Figures in the same column with the same superscript are not significantly different. *Tasa de supervivencia (%) de las larvas de P. lividus y tasa de metamorfosis (%) a las 24 y 72 horas cuando alcanzan la competencia (día 16 en primavera, día 18 en invierno y verano, y día 26 en otoño). Cifras en la misma columna con el mismo superíndice no son diferentes significativamente.*

In addition, the test diameter of 5 larvae by dish (n=60) were measured at 72 h. There were significant differences between the cultures (F=173.926, p<0.001). In spring, the endotrophic post-larvae were significantly larger (463±23 µm) than the other seasons. The test diameter of winter post-larvae was 442±30 µm and no significant difference was found in test diameter of summer and autumn post-larvae (364±34 and 361±35 µm, respectively).

#### 4. Discussion

The reproductive cycle of studied intertidal population showed a typical pattern of these latitudes (Byrne, 1990; Spirlet *et al.*, 1998; González-Irusta *et al.*, 2010). The reproductive cycle has three main phases: the growth phase (in winter) in which gonad accumulate reserve material; the maturation and spawning phase (in spring and early summer) where gametogenesis and spawning take place; and the spent phase where relict gametes are reabsorbed by the nutritive phagocytes (in autumn).

Gonadal development of sea urchins from this locality has already been studied (De la Uz *et al.*, 2010). For three consecutive years (2007-2009), the mature stage was reached in May, coinciding with the higher GSI and the largest diameter of the ova. Then, a sharp fall in the index was observed in June for the three studied years. In the present study, the spring sampling date was carried out in March, because of that the gonad still was in growing and premature

stage. Nevertheless, the highest GSI, the largest stage of maturity and the largest diameter of oocytes were obtained during that season in this study.

Despite seasonal differences in the development of the gonad was possible to obtain spawning in all sampling dates. However, the reproductive condition affected quality of offspring and therefore the success of the larval culture. As expected, the fastest larval growth rate and the better results were obtained in spring, the natural spawning period in this population. In winter (gonadal growing) and summer (spawned stage) also acceptable results were obtained, while in autumn (spent stage) the larval culture is not successful.

But the aim of this study was achieve a better understanding of how reproductive condition affects different stages of larval and post-larval development.

*P. lividus* larvae initiate their development supported by nutrients provided by the egg. The degree of parental investment in an individual offspring is reflected in the size of the egg and egg size is correlated with initial size of the larva. In spring, the spawned eggs were significantly larger than those of winter, but the winter prism larvae were larger at 48 h. During their embryonic development, the *P. lividus* pre-feeding larvae utilize the energy provided by the egg (Carboni *et al.* 2012), so the winter eggs had significant energetic reserves.

Plasticity of arm length is expressed during early larval development (approximately 1 to 2 weeks post-fertilization), suggesting that planktotrophic larvae may utilize endogenous resources for the initial production of food-collecting structures, then move to exogenous resources for the development of other, later-appearing structures. In winter and summer, an increase of post-oral arm until day 11 and a decrease from day 14 was observed. Liu *et al.* (2007) and Carboni *et al.* (2012) suggested that the general shortening of arms during development can probably be explained as a natural phenomenon accompanying larval development.

In addition, the shortening of arms of winter and summer larvae coincided with the beginning of rudiment development, suggesting a trade-off between larval and juvenile structures. By the end of the larval development, most of the energy acquired is used in the making of the rudiment, which is going to be future sea urchin (Boidron-Metairon, 1988; Vaitilingon *et al.*, 2001). In spring, this trade-off was not observed.

The perimetamorphic period is an essential period in the life-history of *P. lividus* and assembles all the events for the transformation of a pelagic organism into a benthic one. This period, as defined by Gosselin and Jangoux (1998), starts from the acquisition of larval competence, includes the metamorphosis and the endotrophic post-larval life, and stops with the appearance of the exotrophic juvenile. This period is a non-feeding stage where metamorphosed larva uses stored reserves during the larval life (Byrne *et al.*, 2008). In spring and winter, there were not differences in the rudiment size (future sea urchin) at competence stage (Figure 2), but 72 h post-metamorphosis, spring larvae were higher. Then, the energy available to overcome this phase was greater in spring.

In conclusion, it was possible to carry out larval culture of *P. lividus* from winter to summer. But the results demonstrated that the length of the larval life and success at metamorphosis



was affected by season. The better results were reached with GSI above 10%, in winter and spring. The minimum ova size for successful cultivation within acceptable ranges was 90 µm. The shortening of the larval culture allowed better optimization of the use of energy reserves.

## 5. Acknowledgements

We thank the staff of the Centro de Experimentación Pesquera at Castropol for their support and assistance.

## 6. References

- Bertram, D.F. and Strathmann, R.R.** (1998) Effects of maternal and larval nutrition on growth and form of planktotrophic larvae. *Ecology*, 79: 315-327.
- Boidron-Metairon, I.F.** (1988) Morphological plasticity in laboratory-reared echinoplutei of *Dendraster excentricus* (Eschscholtz) and *Lytechinus variegatus* (Lamarck) in response to food conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 119: 31-41.
- Byrne, M.** (1990) Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of the Ireland. *Marine Biology*, 104: 275-289.
- Byrne, M., Prowse, T.A.A., Sewell, M.A., Dworjanyn, S., Williamson, J.E. and Våitilingon, D.** (2008) Maternal provisioning for larvae and larval provisioning for juveniles in the toxopneustid sea urchin *Tripneustes gratilla*. *Marine Biology*, 155: 473-482.
- Carboni, S., Vignier, J., Chiantore, M., Tocher, D.G. and Migaud, H.** (2012) Effects of dietary microalgae on growth, survival and fatty acid composition of sea urchin *Paracentrotus lividus* throughout larval development. *Aquaculture*, 324-325: 250-258.
- De la Uz S., Carrasco J.F. y Rodríguez C.** (2010) Seguimiento de la época de madurez gonadal de una población de erizo de mar. En: "XII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas". Rey-Méndez, M.; Fernández, J.; Lodeiros, C.; Guerra, A. (eds) 12: 667-673.
- González-Irusta, J.M., Goñi de Cerio, F. and Canteras, J.C.** (2010) Reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Cantabrian Sea (northern Spain): environmental effects. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 4, 699-709.
- Gosselin, P. and Jangoux, M.** (1998) from competent larva to exotrophic juvenile: a morphofunctional study of the perimetamorphic period of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata, Echinoidea). *Zoomorphology*, 118: 31-43.
- Grosjean P., Spirlet C., Gosselin P., Våitilingon D. and Jangoux M.** (1998) Land-based, closed-cycle echiniculture of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinoidea: Echinodermata): a long-term experiment at a pilot scale. *Journal of Shellfish Research*, 17: 1523-1531.
- Hart, M.W. and Strathmann, R.R.** (1994) Functional consequences of phenotypic plasticity in echinoid larvae. *The Biological Bulletin*, 180: 12-27
- Jimmy, R.A., Kelly, M.S. and Beaumont, A.R.** (2003) The effect of diet type and quantity on the development of common sea urchin larvae *Echinus esculentus*. *Aquaculture*, 220: 261-275.
- Kelly, M.S., Hunter, A.J., Scholfield, C.L. and Mckenzie, J.D.** (2000) Morphology and survivorship of larval *Psammechinus miliaris* (Gmelin) (Echinodermata: Echinoidea) in response to varying food quantity and quality. *Aquaculture*, 183: 223-240.
- Liu, H. Kelly, M.S., Cook, E.J., Black, K., Orr, H., Zhu, J.X. and Dong, S.L.** (2007) The effect of diet type on growth and fatty-acid composition of sea urchin larvae, I. *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata). *Aquaculture*, 264: 247-262.
- McAlister, J.S.** (2007) Egg size and the evolution of phenotypic plasticity in larvae of the echinoid genus *Strongylocentrotus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 352: 306-316.
- Miner, B.G.** (2007) Larval feeding structure plasticity during pre-feeding stages of echinoid: Not all species respond to the same cues. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343: 158-165.
- Spirlet, C., Grosjean, P. and Jangoux, M.** (1998) Reproductive cycle of the echinoid *Paracentrotus lividus*: analysis by means of the maturity index. *Invertebrate Reproduction and Development*, 34: 1, 69-81.
- Våitilingon, D., Morgan, R., Grosjean P.H., Gosselin, P. and Jangoux, M.** (2001) Effects of delayed metamorphosis and food rations on the perimetamorphic events in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 262: 41-60.

## Artículo 2. Variabilidad espacial y temporal de moluscos de fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga

### *Article 2. Temporal and spatial variability of circalitoral soft bottom molluscs of the Bay of Málaga*

Díaz, A.<sup>1</sup>; Gallardo-Núñez, M.<sup>2</sup>; Moya-Urbano, E.<sup>2</sup>; Marina, P.<sup>2</sup>; Urra, J.<sup>2</sup>; Bárcenas, P.<sup>3</sup>; Fernández-Salas, L. M.<sup>4</sup>; López-González, N.<sup>2</sup>; Serna, J. M.<sup>2</sup>; Giráldez, A.<sup>2</sup>; García, T.<sup>2</sup>; Baro, J.<sup>2</sup>; Rueda, J. L.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

<sup>2\*</sup> Centro Oceanográfico de Málaga. Instituto Español de Oceanografía. Puerto Pesquero, s/n, 29640 Fuengirola, Spain, jose.rueda@ieo.es

<sup>3</sup> Departamento de Análisis Matemático, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Málaga, Spain

<sup>4</sup> Centro Oceanográfico de Cádiz, Instituto Español de Oceanografía, Puerto pesquero s/n, 11006, Cádiz, Spain.

## Resumen

Las asociaciones de moluscos de diferentes tipos de fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga han sido muestreadas con una draga de arrastre (Da) y un arte pesquero de arrastre con puertas (Ap) (en diferentes estaciones del año). Se han registrado 69 spp., dominando los gasterópodos (*Turritella communis*, *Nassarius ovoideus*, *Sorgenfreispira brachystoma*) en muestras de Da y los cefalópodos (*Alloteuthis* spp., *Octopus vulgaris*) en muestras de Ap. Los análisis multivariantes mostraron la presencia de tres asociaciones de moluscos en relación a los tipos de fondos blandos presentes en la bahía, predominando aquellos de tipo fangoso debido a los aportes del río Guadalhorce. Las diferencias espaciales fueron más acusadas en muestras de Da que en las de Ap, y fundamentalmente relacionada con las características sedimentológicas y la profundidad. La variación estacional de muestras de Ap estaría relacionada con aspectos biológicos como por ejemplo las migraciones para la puesta de las especies dominantes (*Alloteuthis* spp.). Se han registrado una decena de moluscos comerciales, así como zonas que podrían ser de interés para el reclutamiento de algunas de ellas (*Venus nux*).

**Palabras clave:** Moluscos, Mar de Alboran, Circalitoral, fondos blandos, recursos pesqueros.

## Abstract

*Molluscan assemblages from different circalittoral soft bottom types within the Bay of Málaga have been sampled using a benthic dredge (Da) and an otter trawl (Ap) (different seasons of the year). A total of 69 spp. have been registered, dominating the gastropods (*Turritella communis*, *Nassarius ovoideus*, *Sorgenfreispira brachystoma*) in Da samples and the cephalopods (*Alloteuthis* spp., *Octopus vulgaris*) in Ap samples. Multivariate analysis displayed the presence of three assemblages related to different soft bottom types, predominating those with high mud content due to the sedimentary outputs of the river Guadalhorce. Spatial differences were mainly found in Da samples and related to sedimentological characteristics and depth. Seasonal variability in Ap samples was related to biological aspects (e.g. spawning migrations) of the dominant species (*Alloteuthis* spp.). Ten mollusc species of commercial interest have been found as well as interesting areas for the recruitment of some of them (e.g. *Venus nux*).*

**Keywords:** Molluscs, Alboran Sea, circalittoral, soft bottoms, fishing resources.

## 1. Introducción

La bahía de Málaga se localiza en el noroeste del mar de Alborán, el cual representa uno de los principales focos de biodiversidad del Mediterráneo, debido a la confluencia de las regiones biogeográficas Lusitana, Mauritana y Mediterránea (Ekman 1953; Templado *et al.* 1993; García Raso *et al.* 2010a). Ello permite la presencia de especies atlánticas, tanto de afinidad nórdica como subtropical africana, junto a especies propiamente mediterráneas (para moluscos Gofas *et al.* 2011). Esta confluencia biológica se ve favorecida por el intercambio de masas de agua superficiales atlánticas, impulsadas por los vientos de poniente, y masas de agua mediterránea más densas que recorren las zonas profundas (Parrilla y Kinder 1987). En las costas malagueñas, por acción del Giro de Alborán, de la dinámica de aguas y los vientos, se producen afloramientos de aguas mediterráneas profundas y frías ricas en nutrientes que dan lugar a altas tasas de producción primaria, a diferencia de otras zonas mediterráneas (Sarhan *et al.* 2000). Esta alta producción primaria puede favorecer una alta productividad secundaria y sustentar un alto número de especies bentónico-demersales, tanto comerciales como no comerciales.

Los moluscos representan un importante componente de las comunidades bentónico-demersales, y contribuyen en gran medida a la biodiversidad y productividad local de diferentes tipos de hábitats, entre otros los sedimentarios (Labrune *et al.* 2008; Gofas *et al.* 2011). Los moluscos componen uno de los filos con mayor biodiversidad en el Mediterráneo (2113 spp., 20,9% de las especies de invertebrados), y desarrollan un importante papel ecológico debido a su trofismo (ej. filtradores, depositívoros, etc.) y a su importancia como alimento para niveles tróficos superiores, incluyendo desde hace miles de años a los humanos (Gofas *et al.* 2011). En la bahía de Málaga se da la presencia de poblaciones de moluscos y otras especies de interés comercial, tanto pelágicas como bentónico-demersales, que han promovido un importante uso pesquero (Camiñas *et al.* 2004). A nivel socioeconómico, los moluscos tienen un papel muy importante en las pesquerías de la bahía, principalmente los cefalópodos (*Octopus*, *Sepia*), así como varias especies de bivalvos de fondos sedimentarios (Salas *et al.* 1984; Junta de Andalucía 2015). Los fondos blandos son muy abundantes en la bahía, y en ellos se desarrollan poblaciones de especies comerciales como la chirla (*Chamelea gallina*), la coquina (*Donax trunculus*) y la concha fina -*Callista chione* (Linnaeus, 1758)- en fondos arenosos someros (hasta 25 m de profundidad), y la almeja blanca (*Venus nux*) en fondos fangosos más profundos (45-120 m de profundidad) (Salas 1984, 1996; Urrea *et al.* 2011). Las masas de agua, con sus diferentes características físico-químicas, la profundidad y las características sedimentológicas pueden condicionar la presencia y distribución de diferentes tipos de asociaciones de moluscos, así como de especies concretas, lo cual sería interesante de estudiar en una zona de alta productividad como es la bahía de Málaga.

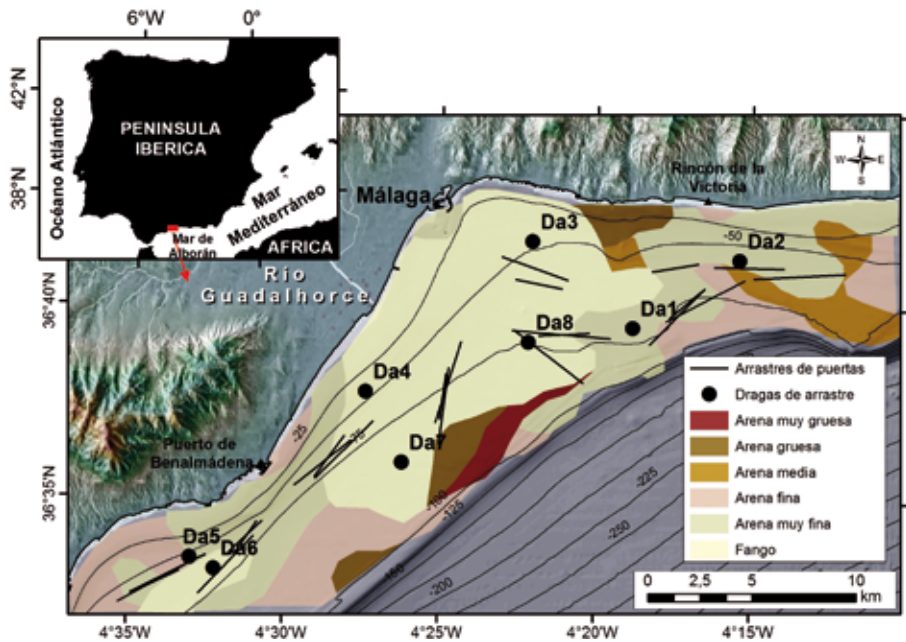
La malacofauna de fondos blandos infralitorales ha sido estudiada en el mar de Alborán en relación a su composición y estructura (Luque 1986; Salas 1984, 1996; Martínez y Peñas 1996; Urrea *et al.* 2011), a aspectos biológicos o ecológicos de especies de interés comercial (Tirado *et al.* 2002), y en menor medida a la variabilidad espacio-temporal (Urrea *et al.* 2013). Sin embargo, la información sobre la malacofauna de fondos blandos circalitorales sigue siendo escasa, tanto en el mar de Alborán (Templado *et al.* 1993; Salas 1996; Marina *et al.* 2015), como en la bahía de Málaga (Cano y García 1982). El presente estudio se incluye

dentro de los proyectos REMAN-REMALA (*Estudio previo para la protección, ordenación y determinación de una reserva de pesca en el área marítima de la Bahía de Málaga*) y TESELA (*Transporte de sedimentos en la plataforma continental de Andalucía oriental: Observación multiescalar, modelado y simulación numérica*), y tiene como objetivo realizar una caracterización espacio-temporal de las asociaciones de moluscos. Esta información aumentará el conocimiento, por un lado, de los moluscos presentes, incluyendo los de interés comercial, y altamente demandados en el mar de Alborán y el mar Mediterráneo, y por otro lado, de la influencia que tienen las variables ambientales en la distribución de dichas especies y las asociaciones que conforman.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Área de estudio

El presente estudio se ha desarrollado en la plataforma continental de la bahía de Málaga, concretamente entre la Punta de Calaburras (36° 30' 24" N, 04° 38' 17" W) y la Punta de Vélez Málaga (36° 43' 33" N, 04° 06' 17" W) (Figura 1). Se han realizado mediciones de la columna de agua y se han recolectado 36 muestras biológicas (8 puntos de muestreo), así como 136 muestras de sedimento superficial, entre 40 y 80 m de profundidad. La plataforma continental del mar de Alborán es generalmente estrecha (4-14 km de anchura; Alonso *et al.* 1992), aunque en determinadas zonas incrementa su anchura debido a importantes acumulaciones de sedimentos provenientes de zonas emergidas (Fernández-Salas 2008). La sedimentación reciente es fundamentalmente siliciclástica, función directa de estos aportes continentales (De la Cruz *et al.* 1992) que han generado depósitos fangosos o fango-arenosos de naturaleza prodeltaica, como los del prodelta del río Guadalhorce (Fernández-Salas 2008). En la bahía de Málaga se genera un pequeño giro ciclónico como consecuencia de la entrada de agua superficial atlántica, que combinado con el efecto de Coriolis, provoca el ascenso de aguas profundas más frías, saladas y cargadas en nutrientes, principalmente durante el periodo de homeotermia (Rodríguez 1983, 1990). Sin embargo, en la parte externa de la plataforma las corrientes locales parecen estar regidas por el viento (Cano y García Lafuente 1991). La zona presenta una alta biomasa fitoplanctónica y zooplanctónica, lo cual resulta en una elevada productividad biológica con hasta 3 picos de abundancia (primavera, verano y otoño) (Rodríguez *et al.* 1982, Camiñas 1983, García & Camiñas 1985). Además, algunas de las especies (fundamentalmente peces) encuentran en la bahía zonas de importancia para su reproducción y desarrollo larvario, como son la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) y el boquerón (*Engraulis encrasicolus*; Rodríguez 1990). La flota con base en los puertos de Fuengirola, Málaga y Caleta de Vélez, con 142 embarcaciones censadas (MAGRAMA 2015), faenan habitualmente en la bahía de Málaga. Esta flota se distribuye en tres modalidades: arrastre demersal (22), cerco (20) y artes menores (100). Los desembarcos en estos tres puertos suponen el 36% del total de la captura realizada en el mar de Alborán y el 32% en valor económico, representando un punto estratégico para la economía pesquera de la zona. Los recursos de mayor importancia son el boquerón y la sardina, seguidos del pulpo de roca (*Octopus vulgaris*). La bahía de Málaga es la única localización en el mar de Alborán, donde se captura boquerón todo el año. Por otro lado, acusa una elevada densidad de población costera, con la presencia de un importante puerto de mercancías, pasajeros y pesquero.



**Figura 1.** Localización de la bahía de Málaga, mostrándose los puntos muestreados con draga de arrastre (Da) y arte de arrastre con puertas (Ap), así como los principales tipos de sedimento. *Location of the Bay of Málaga, displaying areas sampled with benthic dredge (Da) and otter trawl (Ap), as well as the main sediment types.*

### 2.1.1. Recolección de las muestras faunísticas

Las muestras de moluscos se recolectaron en diferentes campañas a bordo del B/O “Francisco de Paula Navarro”, combinando dos artes de muestreo: a) Arte de arrastre con puertas de tipo GOC-73 (muestreo realizado en diciembre 2013 y en febrero y mayo 2014) y b) Draga de arrastre (realizado en diciembre 2013). Con la draga de arrastre (Da; 42 x 22 cm con luz de malla de 4mm) se muestreó a aproximadamente 1,8 nudos durante 5 minutos, cubriéndose un área de 117 m<sup>2</sup>. Esta técnica ha sido usada en estudios similares en el infralitoral (Rueda & Salas 2003, Urra *et al.* 2011, 2013) y en el circalitoral (Marina *et al.* 2015). En cada punto de muestreo se recogió una muestra, la cual se tamizó a 10, 5 y 1 mm para separar diferentes especies, así como juveniles y adultos de una misma especie (ej. *Venus nux*). Cada fracción tamizada se introdujo en recipientes, etiquetándose y fijándose (etanol 70%) hasta su posterior procesado en el laboratorio. Los diferentes grupos faunísticos fueron separados, identificándose los moluscos hasta el nivel taxonómico mas bajo posible y contabilizándose sus ejemplares. El arte de arrastre con puertas (Ap) se utilizó para recolectar moluscos epibentónicos y demersales en 8 puntos de muestreo y 3 estaciones del año. Se muestreó durante 30 minutos a aproximadamente 3 nudos, usando una red con dimensiones reducidas (16-18 m de abertura horizontal y 2,7-3,2 m de abertura vertical) y 20 mm de malla en el copo. Para el control de los muestreos se emplearon sensores de red SCANMAR. A bordo, se separaron e identificaron los moluscos hasta el nivel taxonómico mas bajo posible, cuantificándose y pesándose los ejemplares de cada especie.

Aquellas especies que no pudieron ser identificadas a bordo, se conservaron (congelación o etanol 70%) para su posterior identificación en el laboratorio.

### 2.1.2. Caracterización de la columna de agua y análisis del sedimento

La salinidad y la temperatura se midieron en cada punto de muestreo y época del año con un CTD tipo SBE-37 acoplado a un arte ictioplanctónico de tipo Bongo. Se realizaron muestreos verticales usándose las mediciones tomadas cerca del fondo para este estudio.

El sedimento se recolectó con una draga tipo boxcorer (10×17 cm y 37 cm de penetración máxima) y, ocasionalmente, con una draga Shipek. A partir del análisis granulométrico y del porcentaje de materia orgánica (%OM), se realizó la descripción de la distribución superficial del sedimento en el área estudiada. Para el análisis granulométrico, se tomaron 100 g de sedimento homogeneizado y secado a 60 °C hasta alcanzar peso constante, que luego se trató con peróxido de hidrógeno (oxidación de la materia orgánica) y polifosfato de sodio como dispersante. La fracción gruesa (>63 µm, arena y grava) se tamizó en seco mediante columna de tamices y la fracción fina (<63 µm, limo y arcilla) se analizó mediante rayos-X con un SediGraph III 5120 (Micromeritics®). El %OM se calculó por diferencia de peso (Método LOI) tras secar el sedimento (60 °C, 72 h) y someterlo a combustión (500-550 °C, 4 h).

### 2.1.3. Análisis de los datos

Para cada especie de molusco se calculó su dominancia en base a su abundancia (%DN) y biomasa (%DB) (sólo para muestras de Ap), así como su frecuencia de aparición (%F). Para cada muestra se calculó la riqueza específica (S), la abundancia (N), la biomasa (B), el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el Índice de equirrepartición ( $J'$ ). Los datos cuantitativos (abundancia) fueron sometidos a técnicas multivariantes de clasificación (CLUSTER) y ordenación (nMDS), usándose el índice de similitud de Bray & Curtis. Las diferencias entre grupos de muestras de distintas profundidades, tipos de sedimento y épocas del año se estudiaron mediante un análisis de similitud (ANOSIM). El análisis SIMPER (SIMilarity of PERcentage) se utilizó para evaluar la contribución de las especies en las diferentes agrupaciones de muestras. Estos procedimientos estadísticos se desarrollaron con el software PRIMER v6.0. Las relaciones entre las variables ambientales y la malacofauna se exploraron mediante un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) usando el software CANOCO, y realizando *a priori* un análisis de correlación de las variables (test de Spearman) con el software SPSS v16.0, eliminándose aquellas con alta correlación ( $\rho > 0,8$ ).

## 3. Resultados

Los principales tipos de sedimentos de la bahía de Málaga son: (1) fangosos con alto porcentaje en fango (86%, valor promedio), bajo contenido en gravas (1%) y con los mayores %OM (7,5%). Estos sedimentos se localizan frente al río Guadalhorce, extendiéndose hasta 80 m de profundidad y asociados a los aportes del río; (2) arenosos (principalmente arenas finas y are-

nas muy finas), con valores intermedios tanto en contenido en fango (29%), en grava (7%) y en %OM (5,3%). Estos se distribuyen por la plataforma interna y se encuentran desconectados de los aportes fluviales; y (3) gruesos (arena gruesa y muy gruesa) con alto porcentaje en grava (11%) y bajo en fango (20%), estando localizados en la plataforma externa y alejados de los aportes fluviales (Figura 1). Estos sedimentos gruesos de origen marino (restos de bioclastos) son ricos en carbonatos (25% en CO<sub>3</sub>) y tienen un menor %OM (4,5%).

A partir del procesado de las muestras faunísticas se han separado 9852 moluscos, la mayoría procedentes de muestras de Ap (75,62 % del total), identificándose 69 especies (Figura 2 y Tabla 1). Tan sólo 11 especies se observaron en muestras recolectadas por ambos métodos de muestreo



**Figura 2.** Moluscos de los fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga. *Molluscs from circalittoral soft bottoms of the Bay of Málaga*: A) *Turritella communis*; B) *Nassarius ovoideus*; C) *Sorgenfreispira brachystoma*; D) *Venus nux*; E) *Timoclea ovata*; F) *Nucula sulcata*; G) *Corbula gibba*; H) *Saccella commutata*; I) *Cymbium olla*; J) *Alloteuthis* sp. (prob. *A. subulata*); K) *Illex coindetii*; L) *Sepia elegans*; M) *Eledone moschata*; N) *Armina maculata*; O) *Octopus vulgaris*; P) *Marionia blainvillae*.



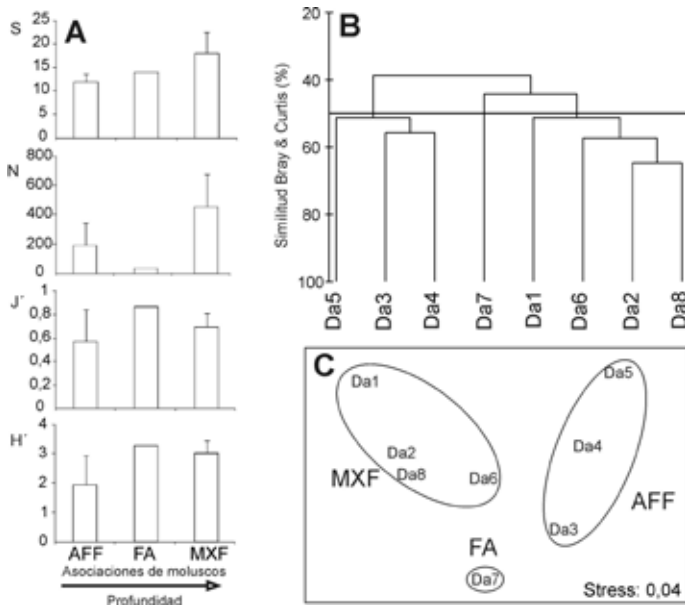
GASTROPODA	Draga de arrastre (Da)			Arte de arrastre de puertas (Ap)				
	N	%DN	%F	N	%DN	B	%DB	%F
<i>Alvania testae</i> (Aradas & Maggiore, 1844)	222	9,24	37,5					
<i>Armina maculata</i> Rafinesque, 1814				35	0,47	0	0	5,26
<i>Sorgenfreispira brachystoma</i> (Philippi, 1844)	286	11,91	75					
<i>Bivetiella similis</i> (G. B. Sowerby I, 1833)	4	0,17	25					
<i>Calliostoma granulatum</i> (Born, 1778)	2	0,08	25	19	0,25	0,28	0,2	31,58
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	53	2,21	37,5					
<i>Cymbium olla</i> (Linnaeus, 1758)				1	0,01	0,26	0,19	5,26
<i>Epitonium algerianum</i> (Weinkauff, 1866)	1	0,04	12,5					
<i>Epitonium clathratulum</i> (Kammacher, 1798)	1	0,04	12,5					
<i>Epitonium vittatum</i> (Jeffreys, 1884)	1	0,04	12,5					
<i>Fusiturris undatiruga</i> (Bivona Ant. in Bivona And., 1838)	1	0,04	12,5					
<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	3	0,12	37,5					
<i>Mangelia attenuata</i> (Montagu, 1803)	57	2,37	62,5					
<i>Marionia blainvillea</i> (Risso, 1818)	1	0,04	12,5	1	0,01	0,02	0,01	5,26
<i>Nassarius ovoideus</i> (Locard, 1886)	429	17,86	87,5	41	0,55	0,12	0,09	5,26
<i>Nassarius pygmaeus</i> (Lamarck, 1822)	5	0,21	37,5					
<i>Nassarius reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	5	0,21	25	3	0,04	0,01	0,01	10,53
Nudibranchia 1				4	0,05	0,02	0,01	5,26
<i>Ocenebra erinaceus</i> (Linnaeus, 1758)				24	0,32	0,14	0,1	21,05
<i>Odostomia eulimoides</i> Hanley, 1844	15	0,62	25					
<i>Odostomia suboblonga</i> Jeffreys, 1884	25	1,04	62,5					
<i>Pleurobranchaea meckeli</i> (Blainville, 1825)	7	0,29	25	54	0,72	0,32	0,23	47,37
<i>Pseudosimnia adriatica</i> (G. B. Sowerby I, 1828)	1	0,04	12,5					
<i>Ringicula auriculata</i> (Ménard de la Groye, 1811)	26	1,08	25					
<i>Ringicula conformis</i> Monterosato, 1877	1	0,04	12,5					
Skeneidae 1	1	0,04	12,5					
<i>Tectonatica rizzae</i> (Philippi, 1844)	1	0,04	12,5					
<i>Turbonilla acutissima</i> Monterosato, 1884	1	0,04	12,5					
<i>Turritella communis</i> Risso, 1826	440	18,32	87,5					
<b>BIVALVIA</b>								
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	1	0,04	12,5					
<i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776)	88	3,66	100					
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	6	0,25	25					
<i>Acanthocardia aculeata</i> (Linnaeus, 1758)	4	0,17	37,5					
<i>Anadara diluvii</i> (Lamarck, 1805)				9	0,12	0,35	0,25	10,53
<i>Corbula gibba</i> (Olivier, 1792)	57	2,37	75					
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)				8	0,11	0,02	0,01	5,26
<i>Chamelea striatula</i> (da Costa, 1778)	201	8,37	100	83	1,11	0,31	0,23	5,26

GASTROPODA	Draga de arrastre (Da)			Arte de arrastre de puertas (Ap)				
	N	%DN	%F	N	%DN	B	%DB	%F
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	1	0,04	12,5					
<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)				1	0,01	0,01	0,01	5,26
<i>Moerella distorta</i> (Poli, 1791)	3	0,12	25					
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819				4	0,05	0,07	0,05	5,26
<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)				33	0,44	0,29	0,21	15,79
<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	57	2,37	50					
<i>Nucula sulcata</i> Bronn, 1831	56	2,33	87,5	21	0,28	0,06	0,04	5,26
<i>Phaxas pellucidus</i> (Pennant, 1777)	1	0,04	12,5					
<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)				6	0,08	0,03	0,02	21,05
<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)	112	4,66	50					
<i>Spisula solida</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,04	12,5					
<i>Tellina compressa</i> Brocchi, 1814	1	0,04	12,5					
<i>Tellina serrata</i> Brocchi, 1814	12	0,5	12,5					
<i>Thracia convexa</i> (W. Wood, 1815)	11	0,46	12,5					
<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu, 1803)	15	0,62	50					
<i>Thyasira subovata</i> (Jeffreys, 1881)	15	0,62	12,5					
<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)	57	2,37	37,5					
<i>Venus nux</i> Gmelin, 1791	110	4,58	87,5	583	7,78	17,13	18,39	63,16
<b>CEPHALOPODA</b>								
<i>Alloteuthis</i> spp.				6070	80,98	17,63	12,81	89,47
<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)				6	0,08	4,22	3,07	10,53
<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1798)				28	0,37	4,36	3,17	52,63
<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)				50	0,67	2,67	1,94	57,89
<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798				39	0,52	3,95	2,87	78,95
<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	1	0,04	12,5	100	1,33	77,27	56,22	73,68
<i>Rondeletiola minor</i> (Naef, 1912)				3	0,04	0,02	0,01	5,26
<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	2	0,08	25	180	2,4	1,34	0,97	100
<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758				11	0,15	6,13	4,46	31,58
<i>Sepia orbignyana</i> Férussac, 1826				1	0,01	0,08	0,06	5,26
<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)				10	0,13	0,06	0,04	15,79
<i>Sepietta</i> sp.	1	0,04	12,5	3	0,04	0,01	0,01	5,26
<i>Sepioloa ligulata</i> Naef, 1912				1	0,01	0,02	0,01	5,26
<i>Sepioloa</i> sp.				18	0,24	0,04	0,03	31,58
TOTAL	2402			7450		137,2		

**Tabla 1.** Abundancia (N, individuos ó colonias), biomasa (B, kilogramos), dominancia (%D) y frecuencia (%F) de moluscos recolectados en el total de muestras de dragas de arrastre y lances de arrastre con puertas recolectadas en la bahía de Málaga. *Abundance (N, individuals or colonies), biomass (B, kilograms), dominance (%D) and frequency (%F) of molluscs in all the benthic dredge and otter trawl samples collected in the Bay of Málaga.*

(Ap y Da), perteneciendo 6 spp. al grupo de los gasterópodos. Por el contrario, 37 especies sólo se hallaron en muestras de Da y 23 en muestras de Ap. En las muestras de Da, los gasterópodos fueron el grupo dominante (41,7%, %DN), con una importante contribución de *Turritella communis* (18,31%), *Nassarius ovoideus* (17,86%) y *Sorgenfreispira brachystoma* (11,91%), seguido de bivalvos (33,3%) como *Chamelea striatula* (8,37%) y *Saccella commutata* (4,61%). Los cefalópodos no mostraron alta dominancia, siendo el más abundante *Sepia elegans* (0,8%). Las especies más frecuentes son también gasterópodos, fundamentalmente *T. communis* y *N. ovoideus* (87,5%, %F). En las muestras de Ap, los cefalópodos (86,99%, %DN) fueron el grupo dominante, destacando *Alloteuthis* spp., incluyendo *A. media* (Linnaeus, 1758) y *A. subulata* (Lamarck, 1798) (80,98%) y *S. elegans* (2,4%), seguidos de bivalvos (10,52%) como *Venux nux* (7,77%) y *C. striatula* (1,11%) y, en menor medida, los gasterópodos (2,48%), como *Pleurobranchaea meckeli* (0,72%). En base a la biomasa, las especies dominantes fueron los cefalópodos *Octopus vulgaris* (56,22%, %DB) y *Alloteuthis* spp. (12,78%), así como *V. nux* (18,39%), del cual se recolectaron numerosos juveniles (<1cm) en las muestras de Da. Las especies más frecuentes fueron *Alloteuthis* spp. (89,47%, %F), *Loligo vulgaris* (78,95%), *O. vulgaris* (73,68%) y *V. nux* (63,16%).

Los análisis multivariantes usando abundancias de moluscos de muestras de Da indican 3 principales agrupaciones (Figura 3), que se corresponderían a: (1) Asociación de moluscos de arenas

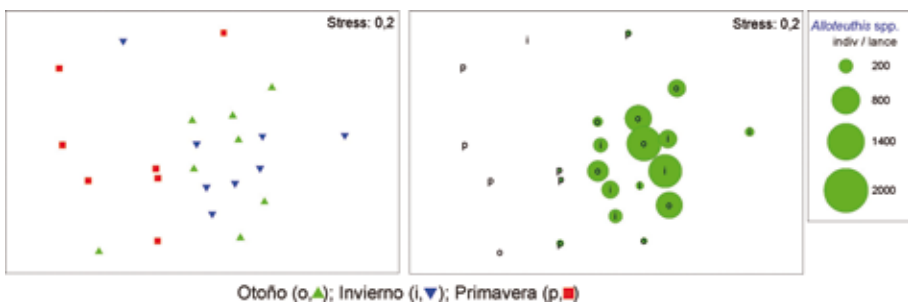


**Figura 3.** Riqueza específica (S), abundancia (N), equirepartición ( $J'$ ) y diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de las asociaciones de moluscos identificadas en fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga en base a cluster (B) y nMDS (C) usando datos cuantitativos de las muestras recolectadas con dragas de arrastre (Da). Media + Dev. Est. *Species richness (S), abundance (N), evenness (J') and Shannon-Wiener diversity of molluscan assemblages observed on circalittoral soft bottoms in the Bay of Málaga, based on groupings of samples obtained in cluster (B) and nMDS (C) using quantitative data of benthic dredge samples (Da). Mean + Standard deviation.*

muy finas fangosas (AFF) del circalitoral somero (<50 metros, muestras Da3, Da4 y Da5), dominada por *N. ovoideus*, *Abra nitida*, *C. striatula* y *Nucula sulcata*, entre otras. Esta asociación presenta valores intermedios de abundancia (aprox. 200 ind.117m<sup>-2</sup>) y riqueza específica (12 spp), pero bajos de equirrepartición (aprox. 0,5) y diversidad de Shannon-Wiener (aprox. 2,0 puntos); (2) Asociación de moluscos de fondos mixtos (MXF) fangoso-arenosos del circalitoral intermedio (50-80 metros, Da1, Da2, Da6 y Da8), dominada por *T. communis*, *S. brachystoma*, *Alvania testae*, *C. striatula* y *S. commutata*, y presentando alta abundancia (aprox.400 ind.117m<sup>-2</sup>) y riqueza específica (aprox. 17 spp.), pero una diversidad (aprox. 3 puntos) y equirrepartición (aprox.0,7) de tipo intermedio; y (3) Asociación moluscos de fango (FA) del circalitoral intermedio (70-80 m frente a la desembocadura del río Guadalhorce, Da7), dominando *A. nitida* y *A. prismatica* y con valores bajos de abundancia (<50 ind.117m<sup>-2</sup>), intermedios de riqueza específica (14 spp.) y altos de diversidad (aprox.3 puntos) y equirrepartición (aprox.0,8).

Las diferencias espaciales entre asociaciones de moluscos fueron más acusadas en las muestras de Da (fauna principalmente bentónica) ( $R_{ANOSIM} = 0,54$ ;  $p < 0,05$ ) que en las muestras de Ap (fauna demersal-epibentónica) ( $R_{ANOSIM} = 0,1$ ;  $p > 0,05$ ; Figuras 3 y 4). En las muestras de Ap, las diferencias estacionales fueron mucho más patentes ( $R_{ANOSIM} = 0,21$ ,  $p < 0,05$ ) que las espaciales (asociaciones, profundidad;  $R_{ANOSIM} = 0,1$ ,  $p > 0,05$ , en ambos casos), sobre todo entre las muestras de primavera (lado izquierdo del nMDS) y las de meses fríos (otoño e invierno); lado derecho del nMDS; Figura 4). Sin embargo, las diferencias entre otoño e invierno no fueron significativas ( $R_{ANOSIM} = 0,02$ ,  $p > 0,05$ ) y mostraron la menor disimilitud en análisis de SIMPER (65,1%). Las diferencias entre primavera y otoño-invierno (Disimilitud SIMPER = 84%, en ambos casos) se debieron a mayores abundancias de los cefalópodos *Alloteuthis* spp., *Octopus vulgaris* y *Sepia* spp. en otoño e invierno.

El análisis de correspondencia canónica (ACC) usando abundancias de moluscos procedentes de Da, mostró que el porcentaje de grava (%G) fue la principal variable influyente en la ordenación espacial ( $p < 0,05$ ; Figura 5). Los ejes I y II acumularon el 56,2% de la variabilidad entre-



**Figura 4.** nMDS usando abundancia de moluscos recolectados en lances de arrastre con puertas (Ap) y mostrando una ordenación basada en épocas del año influenciada por *Alloteuthis* spp. (alta abundancia en otoño e invierno). nMDS using abundance of molluscs collected with otter trawl (Ap) and displaying an ordination linked to different seasons of the year and influenced by the dominant *Alloteuthis* spp. (high abundance in autumn and winter).

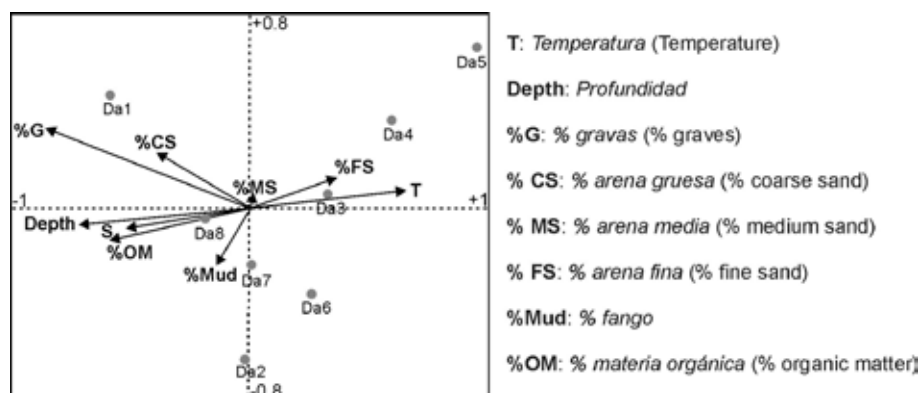


Figura 5. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) entre abundancia de moluscos recolectados con draga de arrastre (Da) y variables ambientales. Canonical Correspondence Analysis (CCA) between abundance of molluscs collected with benthic dredge (Da) and environmental variables.

especies y la de especies-variables ambientales. El %G y la profundidad se correlacionaron negativamente con el eje I (-0,85 y -0,72, respectivamente), mientras que la temperatura (T) lo hizo positivamente (0,65). Por otro lado, el %G y % arena gruesa mostraron una correlación positiva con el eje II (0,34 y 0,24) y el % fango una de tipo negativo (-0,23). Así, las muestras aparecen distribuidas de izquierda a derecha del eje I siguiendo una disminución del %G y de la profundidad, y un incremento de T y de % arena fina. En el caso de las muestras de Ap, el eje I se correlacionó principalmente con T (-0,51), mientras que el eje II con la profundidad (0,49), sin embargo ninguna de las variables analizadas parece explicar significativamente la variabilidad espacial y temporal de los datos ( $p > 0,05$  en todos los casos).

#### 4. Discusión

Los fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga contienen al menos 69 spp. de moluscos, una biodiversidad menor a la de fondos blandos infralitorales de la misma bahía (Salas *et al.* 1984) y a la de fondos, tanto infralitorales como circalitorales, de otras zonas del mar de Alborán (Urta *et al.* 2011; Marina *et al.* 2015), pero superior a la encontrada frente a la desembocadura del río Guadalhorce por Cano y García (1982). El uso de dos artes de muestreo en diferentes puntos de la bahía y a lo largo de diferentes meses ha favorecido la obtención de un amplio listado malacológico. Por el contrario, la mayor profundidad y menor heterogeneidad sedimentaria (predominando fondos con alto contenido en fango) de la bahía, podría explicar el menor número de especies con respecto a otras zonas del mar de Alborán. Los valores de S, N y H' son también menores a los de asociaciones de moluscos infralitorales (Urta *et al.* 2011) y circalitorales (Marina *et al.* 2015) del mar de Alboran y de otras áreas del Mediterráneo (Labruno *et al.* 2008), probablemente debido a la mayor profundidad y contenido en fango que suele influir negativamente en la abundancia y riqueza específica, al igual que ocurre con el número total de especies (Martins *et al.* 2013, Marina *et al.* 2015). Sin embargo, los valores de riqueza específica son mayores a los de asociaciones de moluscos

de fondos fangosos del noroeste de la península Ibérica (Moreira *et al.* 2005; Troncoso *et al.* 2005) y del Mediterráneo oriental (KaraKassis & Eleftheriou 1997; Koulori *et al.* 2006). Ello parece mostrar el patrón de alta biodiversidad del mar de Alborán para fondos fangosos, tal y como se ha encontrado para otros tipos de fondos blandos (Rueda & Salas, 2003; Urra *et al.* 2011; Marina *et al.* 2015).

Las diferencias espaciales fueron más acusadas en las muestras de Da que en las de Ap, probablemente debido a que las primeras están dominadas por especies bentónicas y, por tanto, mucho más dependientes de los tipos de sedimento que las especies demersales, las cuales dominan las muestras obtenidas con Ap (Gofas *et al.* 2011). Algunos moluscos dominantes en muestras de Da son similares a los mencionadas por Cano y García (1982) a lo largo de un transecto situado frente al río Guadalhorce, o a las mencionadas por García Raso *et al.* (2010b) para el litoral malagueño. Otras especies encontradas muestran una fuerte asociación con especies dominantes y frecuentes de la bahía de Málaga, como el opistobranquio *Armina maculata*, que se alimenta del pennatuláceo *Veretillum cynomorium* (Pallas, 1776). Algunas especies se han encontrado a una menor profundidad a la habitual, como es el caso de *Alvania testae*, cuyos ejemplares presentan un patrón de coloración similar al hallado por Marina *et al.* (2015) en fondos blandos circalitorales de la provincia de Granada, y podría ser habitual en poblaciones circalitorales de esta especie mayoritariamente batial.

La distribución de las asociaciones está fuertemente relacionada con la profundidad y con el tamaño de grano del sedimento superficial. Estas variables, junto con las características de la columna de agua como la concentración de clorofila o las corrientes, suelen ser influyentes en asociaciones de moluscos tanto del mar de Alborán (Urra *et al.* 2011; Marina *et al.* 2015) como de otras zonas europeas (Lourido *et al.* 2006; Cosentino & Giacobbe 2008; Moreira *et al.* 2009). La disponibilidad de nutrientes y la influencia de los aportes del río Guadalhorce (material de granulometría fina y alto %OM) favorecen la presencia de un gran número de especies con afinidad por fondos arenoso-fangosos en la bahía (Gofas *et al.* 2011). Algunas especies como *Alvania testae*, *Sacella commutata*, *Venus nux* o *Cylichna cylindracea* (muestra Da1) dominan un sedimento con un mayor porcentaje en grava, el cual no abunda en la bahía, siendo éste un factor influyente en la distribución de la malacofauna en esta zona. Por otro lado, *Turritella communis* y *Chamelea striatula* (muestra Da2) muestran su mayor dominancia en sedimentos con alto contenido en arena fina y fango, y *Abra nitida* y *Nassarius ovoideus* domina en zonas con el mayor porcentaje en arena fina y valores altos de %OM (Da4 y Da5). Las asociaciones muestran similitudes en su composición y estructura con las de otras zonas del mar de Alborán, como por ejemplo la asociación MXF descrita por Marina *et al.* (2015) como de “Fondos Inestables”, con características transicionales a “Détritique Côtier” y “Détritique envasé” de Pêrès y Picard (1964) y que suele ser común en el circalitoral medio del Mediterráneo (Somaschini *et al.* 1998, Zavodnik *et al.* 1985). La asociación AFF (Da7) está dominada por especies, como son *N. ovoideus*, *C. striatula* o *N. sulcata*, que son comunes en fondos de arenas finas enfangadas a lo largo del Mediterráneo y el Atlántico (Salas, 1996; Gofas *et al.* 2011). La asociación de fango arenoso dominada por depositívoros como *Abra* spp. se localiza frente a la desembocadura del río Guadalhorce, y seguramente se ve favorecida por la acumulación de sedimentos finos y materia orgánica resultante del aporte del río tras eventos de lluvias torrenciales (Akoumianaki *et al.* 2013), lo cual es bastante común en zonas de bahías cerradas con aportes fluviales o, incluso, en la cercanía de puertos (Francesch y López-Jamar 1991).

A pesar de que las diferencias estacionales no fueron muy patentes a nivel epibentónico-demersal (muestras Ap, valor del estadístico  $R_{ANOSIM}$  bajo), algunas especies sí que mostraron cambios estacionales en sus valores de abundancia. Los cefalópodos del género *Alloteuthis* suelen ser comunes en fondos arenosos y fangosos entre 20 y 200 m de profundidad, realizando migraciones verticales diarias para alimentarse, y migraciones horizontales hacia zonas someras para realizar la puesta entre marzo y octubre (Pierce *et al.* 2010, Gofas *et al.* 2011). Ello podría explicar el descenso primaveral observado en los fondos circalitorales de la bahía de Málaga. Por su parte, *S. elegans* suele estar presente desde el infralitoral somero hasta unos 500 m de profundidad, realizando migraciones horizontales hacia aguas someras en primavera y verano para depositar la puesta, tras lo cual desciende a profundidades entre 200-400 m en otoño e invierno (Roper *et al.* 1984; Gofas *et al.* 2011). Esto podría explicar los valores bajos observados en invierno y altos en primavera en la bahía de Málaga. El calamar *Illex coindetii* es menos abundante en la bahía de Málaga y común en el talud hasta 1100 m de profundidad (Gofas *et al.* 2011), pero parece incrementar su abundancia en primavera (38 indiv. *versus* 7 indiv. en invierno). Este hecho se explicaría ya que dicha especie suele acudir a zonas someras durante esta época, mientras que en otoño e invierno la población se distribuye en un rango batimétrico mayor (hasta 575 m; Pierce *et al.* 2010). Por lo tanto, la variabilidad temporal observada en la bahía de Málaga estaría relacionada con factores intrínsecos a las especies dominantes, como las migraciones estacionales con fines reproductivos o quizás con fenómenos estacionales de tipo ambiental, como por ejemplo aportes fluviales.

Debido a su singularidad oceanográfica y biogeográfica, el mar de Alborán presenta una amplia diversidad biológica, lo que a su vez ha favorecido una gran actividad pesquera (Camiñas *et al.* 2004). Concretamente, los fondos blandos circalitorales de la bahía de Málaga contienen una decena de especies de moluscos de interés comercial. Según las estadísticas del Sistema de Información Andaluz de Comercialización y Producción Pesquera (IDAPES), las capturas de moluscos de la lonja de Málaga, fundamentalmente de cefalópodos, supusieron el 7,70% de las capturas comerciales y un 17,25 % del precio de venta total. La sobrepesca de la bahía de Málaga seguramente está provocando un deterioro de sus fondos marinos y un agotamiento de los recursos pesqueros, provocando la reducción de las capturas, pérdida de ingresos y de puestos de trabajo. En la bahía se han detectado zonas de reclutamiento de especies comerciales de lento crecimiento (ej. *Venus nux*) o zonas que podrían ser importantes para la reproducción de especies de cefalópodos (ej. *Alloteuthis*), incrementándose con ello la importancia pesquera que tiene esta zona del mar de Alborán.

## 5. Agradecimientos

Este estudio ha sido posible gracias a los proyectos REMAN-REMALA y TESELA financiados por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, respectivamente. Agradecemos la colaboración del capitán y la tripulación de los B/O *Francisco de Paula Navarro* e *Isla de Alborán*, así como de un gran número de compañeros del Centro Oceanográfico de Málaga que han participado activamente en las diferentes campañas y el procesado de las muestras.

## 6. Referencias

- Akoumianaki I., Papaspyrou S., Kormas K.A. and Nicolaidou A.** (2013) Environmental variation and macrofauna response in a coastal area influenced by land runoff. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 132, 34-44.
- Alonso B., Ercilla G., Baraza J. y Maldonado A.** (1992) Arquitectura y evolución durante el Cuaternario de las facies del margen y cuencas septentrionales del Mar de Alborán. En Maldonado, A. (editor): *El Mar de Alborán y el Golfo de Cádiz: Conexiones Atlántico-Mediterránea*, páginas 467-476. III Congreso Geológico de España.
- Camiñas J.A.** (1983) Datos preliminares sobre la biomasa zooplanctónica en el sector suroccidental del Mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1(1), 1-18.
- Camiñas J.A., Baro J. y Abad R.** (2004) *La pesca en el Mediterráneo andaluz* Servicio de publicaciones de la Fundación Unicaja, Málaga, España, 270 pp.
- Cano J. y García M.T.** (1982) Resultados preliminares del estudio del bentos en la bahía de Málaga. *Oecologia Aquatica* 6, 107-117.
- Cano N. y J. García Lafuente.** (1991) Corrientes en el litoral malagueño. Baja frecuencia. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 7 (2), 59-77.
- Cosentino A. and Giacobbe S.** (2008) Distribution and functional response of sublittoral soft bottom assemblages to sedimentary constraints. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79, 263-276.
- De la cruz J.A., Hernández-Molina F.J. y Vázquez J.T.** (1992) La sedimentación reciente en el margen continental septentrional del mar de Alborán, entre Benalmádena y Benaljarafe (Málaga). *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca*. Actas tomo 2, 141-145.
- Ekman S.** (1953) *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick & Jackson. London, 417 pp.
- Fernández-Salas L.M.** (2008) *Los depósitos del Holoceno Superior en la plataforma continental del sur de la Península Ibérica: caracterización morfológica y estratigráfica*. PhD Thesis, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain.
- Francesch O. y López-Jamar E.** (1991) Dinámica, crecimiento y producción de *Abra alba* y *Abra nitida* en la Ría de La Coruña, NW de España. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 7(2), 101-113.
- García A. and Camiñas J.A.** (1985) Costal variability of zooplankton biomass in the Northwestern sector of Alboran Sea. *Rapport Commission Institute Mer Méditerranéenne* 29(8), 135-136.
- García Raso J.E., Gofas S., Salas C., Manjón-Cabeza E., Urra J. y García J.E.** (2010a) *El mar más rico de Europa: Biodiversidad del litoral occidental de Málaga entre Calaburras y Calahonda*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Málaga, 138 pp.
- García Raso J.E., Salas C., García Muñóz J.E. y Gofas S.** (2010b) Biodiversidad faunística en el litoral malagueño. *Jábega* 102, 18-30.
- Gofas S., Moreno D. y Salas C.** (2011) *Moluscos marinos de Andalucía*. Málaga: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Málaga, 798 pp.
- Junta de Andalucía** (2015). *Sistema de Información Andaluz de Comercialización y Producción Pesquera* ([www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/idapes](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/idapes)) (Marzo 2015).
- KaraKassisi I. and Eleftheriou A.** (1997) The continental shelf of Crete: structure of macrobenthic communities. *Marine Ecology Progress Series* 160, 185-196.
- Koulori P., Dounas C., Arvanitidis C., Koutsoubas D. and Eleftheriou A.** (2006) Molluscan diversity along a Mediterranean soft bottom sublittoral ecotone. *Scientia Marina* 70(4), 573-583.
- Labruno C., Grémare A., Amouroux J.M., Sardá R., Gil J. and Taboada S.** (2008) Structure and diversity of shallow softbottom benthic macrofauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Helgoland Marine Research* 62, 201-14.
- Lourido A., Gestoso L. and Troncoso J.S.** (2006) Assemblages of the molluscan fauna in subtidal soft bottoms of the Ría de Aldán (north-western Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86, 129-140.
- Luque A.A.** (1986) Contribución al conocimiento de los Gasterópodos de las costas de Málaga y Granada II, Prosobranquios. *Iberus* 6, 79-94.
- Marina P., Rueda J.L., Urra J., Salas C., Gofas S., García Raso J.E., Moya F., García T., López-gonzález N., Laiz-Carrión R. and Baro J.** (2015) Sublittoral soft bottom assemblages within a Marine Protected Area of the northern Alboran Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(5), 871-884 doi:10.1017/S0025315414002082
- Martínez J.L. y Peñas A.** (1996) Fauna malacológica de Caleta, Mijas Costa, Málaga. *Malakos* 5, 73-92.
- Martins R., Quintido V. and Rodrigues A.M.** (2013) Diversity and especial distribution patterns of the soft-bottom macrofauna communities on the Portuguese continental shelf. *Journal of Sea Research* 83, 173-186.
- Moreira J., Cacabelos E. and Troncoso J.S.** (2009) Diversity and spatial distribution of the gastropod fauna (Mollusca: Gastropoda) on subtidal sedimentary substrata of the Ensenada de Baiona (Galicia, NW Iberian Peninsula). *Iberus* 27(1), 103-117.
- Moreira J., Quintas P. and Troncoso J.S.** (2005). Distribution of the molluscan fauna in subtidal soft bottoms of the Ensenada de Baiona (NW Spain). *American Malacological Bulletin* 20, 75-86.
- Parrilla G. y Kinder T.H.** (1987) Oceanografía física del mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 41 (1), 133-165.
- Péres J.M. et Picard J.** (1964) Nouveau manuel de biomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 31 (47), 3-137
- Pierce G. J., Allcock L., Bruno I., Bustamante P., González Á., Guerra Á. and Jereb P.** (2010). Cephalopod biology and fisheries in Europe. *ICES Cooperative Research Report* 303, 175 pp.
- Rodríguez J.** (1983) Estudio de una comunidad planctónica nerítica en el Mar de Alborán. Ciclo del zooplancton. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1(1), 19-44.
- Rodríguez J.** (1990) Contribución al conocimiento del ictioplancton del mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6(1), 1-20.
- Rodríguez J., A. García and V. Rodríguez.** (1982) Zooplankton communities of the divergence zone in the North western Alboran Sea. *Marine Ecology* 3 (2), 133-142.
- Roper C.F.E., Sweeney M.J. and Nauen C.E.** (1984) F.A.O. Species Catalogue, Cephalopods on the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. F.A.O. Fisheries Synopsis 1-277.
- Rueda J.L. and Salas C.** (2003) Temporal dynamics of molluscan assemblages from soft and bioclastic bottoms in the Strait of Gibraltar. *Cahiers de Biologie Marine* 44, 237-248.



**Salas C.** (1984) *Contribución al conocimiento de los moluscos macrobentónicos infralitorales (en especial bivalvos) de la bahía de Málaga*. PhD Thesis. Universidad de Málaga, Málaga, Spain.

**Salas C., García Raso J.E. y López-Ibor, A.** (1984) Estudio del macrobentos infralitoral (Mollusca, Crustacea decapoda y Echinodermata) de la Bahía de Málaga (España). *IV Simposio Ibérico de Estudios de Bentos Marino* 1, 123-146.

**Salas C.** (1996) Marine bivalves from off the southern Iberian Peninsula collected by the Balgim and Fauna 1 expeditions. *Haliotis* 25, 33-100.

**Salen-Picard C., Arlhac D. and Aliot E.** (2003) Responses of a Mediterranean soft bottom community to short-term (1993-1996) hydrological changes in the Rhine river. *Marine Environmental Research* 55, 409-427.

**Sarhan T., García Lafuente J., Vargas J.M. and Plaza F.** (2000) Upwelling mechanisms in the northwestern Albo-

ran Sea. *Journal of marine Systems* 23, 317-331.

**Snelgrove P.V. and Butman C.A.** (1994) Animal sediment relationships revisited: Causes versus effect. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 32, 111-177.

**Somaschini A., Martini N., Gravina M.F., Belluscio A., Corsi F. and Ardizzone G.D.** (1998) Characterization and cartography of some Mediterranean soft-bottom communities (Ligurian Sea, Italy). *Scientia Marina* 62, 27-36.

**Templado J., Guerra A., Bedoya J., Moreno D., Remón J.M., Maldonado M. and Ramos M.A.** (1993). *Fauna marina circalitoral del Sur de la Península Ibérica. Resultados de la campaña oceanográfica "Fauna 1"*. Museo Nacional de Ciencias Naturales/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas, Madrid, 135 pp.

**Tirado C., Rodríguez F.A., Bruzón M.A., López J.I., Salas C. and Márquez, I.** (2002) *La reproducción de bivalvos y gasterópodos de interés pes-*

*quero en Andalucía*. Junta de Andalucía. Conserjería de Agricultura y Pesca, Huelva, 129 pp.

**Troncoso J.S., Moreira J. and Urgorri V.** (2005) Soft-bottom mollusc assemblages in the Ría de Ares-Betanzos (Galicia, NW Spain). *Iberus* 23(2), 25-38.

**Urta J., Gofas S., Rueda J.L. and Marina P.** (2011) Molluscan assemblages in littoral soft bottoms of the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea). *Marine Biology Research* 7, 27-42.

**Urta J., Marina P., Salas C., Gofas S. and Rueda J.L.** (2013) Seasonal dynamics of molluscan assemblages associated with littoral soft bottoms of the NW Alboran Sea (Western Mediterranean Sea). *Marine Biology Research* 9, 645-660.

**Zavodnik D., Vidakovic J. and Amoureux L.** (1985) Contribution to sediment macrofauna in the area of Rovinj (North Adriatic Sea). *Cahiers de Biologie Marine* 26, 431-444. Ab in et qui vid

## Article 3. Study of Vulnerable Marine Ecosystems of the Atlantic Ocean and its application to the fisheries management on the High Seas

### *Artículo 3. Estudio de los Ecosistemas Marinos Vulnerables del Océano Atlántico y su aplicación a la gestión pesquera en alta mar*

Durán Muñoz, P.<sup>1\*</sup>; Sacau, M.<sup>1</sup>; Del Río, J. L.<sup>1</sup>; López Abellán, L. J.<sup>2</sup>; Sarralde, R.<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Vigo. Programa de Pesquerías Lejanas. Subida a Radio Faro, 50-52. 36390 Vigo, ESPAÑA, pablo.duran@ieo.es

<sup>2</sup> Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Canarias. Programa de Pesquerías Lejanas. Vía Espaldón, dársena pesquera, Parcela 8. 38180 Santa Cruz de Tenerife. ESPAÑA.

## Abstract

The United Nations General Assembly Resolutions on sustainable fisheries adopted between 2006 and 2011, require both States and Regional Fisheries Management Organizations to study Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) in fishing grounds beyond national jurisdictions and to implement protection measures. These Resolutions highlight the importance of global VMEs Databases, as well as the utility of seabed mapping programs for the management of High Seas fisheries. Moreover, in December 2013, the European Parliament agreed to identify and protect VMEs in the NE Atlantic. This paper summarizes the Spanish multidisciplinary habitat mapping projects developed in four bottom fishing areas located in international waters of the Atlantic Ocean: Hatton Bank (Regulatory Area of the NE Atlantic Fisheries Commission); Grand Banks of Newfoundland, Flemish Pass, and Flemish Cap (Regulatory Area of the NW Atlantic Fisheries Organization); Walvis Ridge and adjacent seamounts (Regulatory Area of the SE Atlantic Fisheries Organization); and the Patagonian shelf and adjacent slope (SW Atlantic, where there is currently no Regional Fisheries Management Organization established). Data obtained from these studies improve our knowledge about seabed bathymetry, associated ecosystems, vulnerable species distribution and bottom fisheries impact, feeding databases on VMEs indicator species (e.g., ICES, NAFO, FAO VME Databases, etc.) and providing advice on management measures such as closed areas to fishing activity in order to protect cold-water corals, sponge dominated communities and vulnerable seabed features. Challenges and lessons learned on the VMEs research and also the studies design are discussed, as well as the implementation and management of protected areas in the High Seas fisheries.

**Keywords:** Atlantic Ocean, bottom fisheries, habitat mapping, protection, Vulnerable Marine Ecosystems.

## Resumen

*Las Resoluciones de la Asamblea General de las Naciones Unidas (AGNU) sobre la pesca sostenible adoptadas entre 2006 y 2011, instan a los Estados y a las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP) a identificar los Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) en las zonas de pesca más allá de las jurisdicciones nacionales y a establecer medidas de protección.*

*Estas resoluciones ponen de relieve la importancia de las bases de datos mundiales de EMVs, así como la utilidad de los programas de cartografiado de los fondos marinos para la gestión de las pesquerías de alta mar. Por otra parte, en diciembre de 2013, el Parlamento Europeo acordó identificar y proteger los EMVs en el Atlántico NE.*

*Este documento actualiza y resume la información sobre los proyectos multidisciplinares desarrollados por el Instituto Español de Oceanografía en cuatro zonas de pesca de fondo en aguas internacionales del Océano Atlántico: Hatton Bank (Área de regulación de la Comisión de Pesquerías del Atlántico NE); Grandes Bancos de Terranova, Flemish Pass y Flemish Cap (Área de regulación de la Organización de Pesquerías del Atlántico Noroccidental); Walvis Ridge y las montañas submarinas adyacentes (Área de regulación de la Organización de Pesquerías del Atlántico SE); y plataforma patagónica y el talud adyacente (SW Atlántico, donde actualmente no existe una OROP establecida).*

*Estudiar los EMV en los caladeros de alta mar supuso un enorme desafío científico-técnico y logístico y un importante esfuerzo económico. Los datos obtenidos mediante estos estudios han mejorado nuestro conocimiento sobre la batimetría de los fondos marinos, los ecosistemas asociados, la distribución de especies vulnerables y el impacto de la pesca de fondo y han contribuido a la creación y mantenimiento de nuevas bases de datos internacionales sobre especies indicadoras de EMV, fundamentales para mejorar la gestión pesquera. El conocimiento de estos ecosistemas en alta mar sirve de base para establecer medidas de conservación, en particular áreas cerradas a la pesca de fondo con el fin de proteger los corales de aguas frías, los campos de esponjas, etc.*

*Estos estudios son un buen ejemplo de una acción específica desarrollada por una nación pesquera para contribuir a la implementación de los acuerdos de Naciones Unidas sobre pesca sostenible.*

*Palabras clave:* Océano Atlántico, pesca de fondo, mapeado de hábitats, protección, ecosistemas marinos vulnerables.

## 1. Introduction

The United Nations General Assembly (UNGA) Resolutions on sustainable fisheries call to research and protect Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) in fishing grounds beyond national jurisdictions (the High Seas): Resolution 61/105 (UNGA, 2006) requires both States and Regional Fisheries Management Organizations (RFMOs) to identify such ecosystems and to implement management measures to protect them, recognizing the great value of deep sea biodiversity; Resolution 64/72 (UNGA, 2009) calls to implement the International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the High Seas (FAO, 2009) in order to protect VMEs and to conduct bottom fishing impact assessments; Resolution 66/68 (UNGA, 2011) highlight the importance of the creation of a VMEs global database and recognizes that seabed mapping research carried out in different oceans, have resulted in identification of VMEs and in the adoption of conservation and management measures (e.g. protected areas). With this resolution it was agreed to conduct a further review of the actions taken by States and RFMOs to protect VMEs. Moreover, in December 2013, the European Parliament agreed the commitment to conduct impact assessments for all bottom fishing gears in the NE Atlantic European fisheries within the following four years, calling for a ban of the use of such gears on VMEs.

In 2005, Spain began research into VMEs as a reply to the UNGA and RFMOs requirements to protect cold-water corals in the High Seas fisheries. Such research program (Durán Muñoz *et al.* 2012a) was promoted by the Spanish Government. The Spanish Institute of Oceanography (IEO) - as research and advisory body of the Government - was responsible for the scientific aspects of such program. The early IEO studies on Hatton Bank, located in the North-east Atlantic Fisheries Commission (NEAFC) Regulatory Area, boosted the expansion of research progressively into other High Seas fishing grounds such as the North-west Atlantic Fisheries Organization (NAFO) and South-east Atlantic Fisheries Organization (SEAFO) Regulatory Areas, and the South-west Atlantic international waters (where there is currently no Regional Fisheries Management Organization established). Collaborations with Nations and RFMOs were also established. The scientific data collected from this research program has improved our knowledge on High Seas VMEs and has led to the proposal and implementation of protection measures, particularly Closed Areas to Bottom Fishing (ACBF).

According with the definition of the OSPAR Commission for the protection of the marine environment of the NE Atlantic (OSPAR, 2003), a Marine Protected Area (MPA) is *"an area within the maritime area for which protective, conservation, restorative or precautionary measures, consistent with international law have been instituted for the purpose of protecting and conserving species, habitats, ecosystems or ecological processes of the marine environment"*. While MPAs may be established for a wide range of purposes, with different levels of protection and management plans, ACBFs presented in this paper have a clear objective of fisheries management and are closely related to the need for complying the UNGA Resolutions mandate (UNGA, 2006, 2009, 2011). For this reason the closed areas system are mainly focused on the protection of seabed habitats and habitat forming species (cold-water corals and sponges) in the High Seas. Despite their differences, both MPAs and ACBFs are tools to protect the marine environment, being the ACBFs one of the most widespread conservation measures in the field

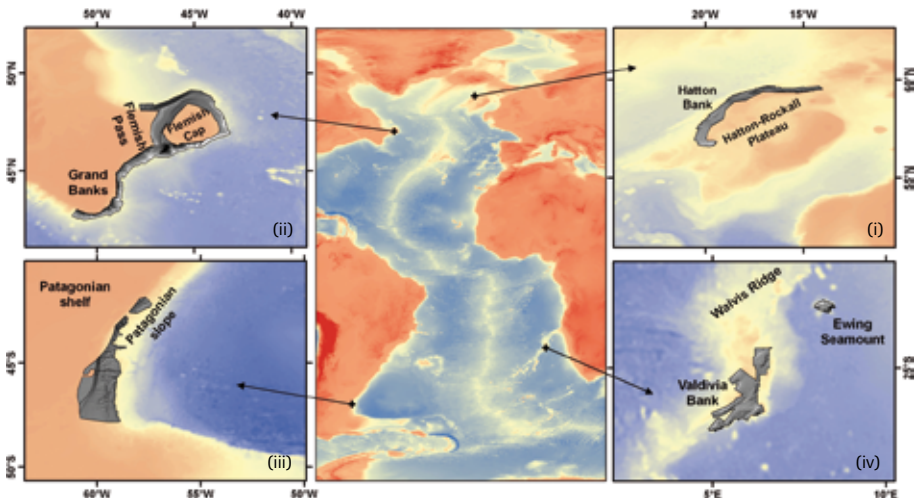
of fisheries. In all cases the best available science is used to establish the closed areas from the precautionary level when the information is scarce until the best evidence case.

The aim of this paper is to update the information on the research projects undertaken by Spain in the Atlantic Ocean, either on its own or in collaboration with other Nations, on the subject of identifying and protecting VMEs in the High Seas. The multidisciplinary methodology used is briefly explained. An overview of High Seas fisheries management results is presented, with focus on ACBFs. Challenges and lessons learned related to the research on VMEs and the studies design are discussed, as well as the implementation and management of closed areas in the High Seas fisheries.

## 2. Material & Methods

### 2.1. Study areas

The Spanish habitat mapping programme is focused on four bottom fishing areas described by Durán Muñoz *et al.* (2012a). Such fishing zones are placed in international waters of the Atlantic Ocean (Figure 1): (i) The Hatton Bank is located to the west of the British Isles (NEAFC Regulatory Area). There is a Spanish multispecies deep-sea bottom trawl fishery in the area, mainly directed towards grenadiers and smoothheads (>1000 m depth); (ii) The slopes of the Grand Banks of Newfoundland, the Flemish Cap and the Flemish Pass are located to the east of the Canadian coastline (NAFO Regulatory Area). There is a Spanish bottom trawl fishery in this area, principally directed towards Greenland halibut (>700 m depth); (iii) The Patagonian shelf and adjacent slope are located to the east of the South American continent (there is



**Figure 1.** Map of the Atlantic Ocean showing the four study areas. For each area, multibeam maps obtained are presented. *Mapa del océano Atlántico mostrando las cuatro áreas de estudio y los mapas de multihaz para cada una de ellas.*

currently no RFMOs established in this area). The Spanish bottom trawlers operates in international waters to fish mainly hake and short fin squid (<300 m depth); (iv) The Walvis Ridge, the Valdivia Bank and adjacent seamounts are located to the west of the Namibian coastline (SEAFO Regulatory Area). Spanish deep-water fishing activity in this area is currently low.

## 2.2. Methodology and data collected

A comprehensive description of the multidisciplinary methodology used in the projects, and a summary of the data collected are given in Durán Muñoz *et al.* 2012a (Table 1). (i) Observers onboard commercial fishing vessels and/or the Vessel Monitoring System (VMS) were used to identify the fisheries footprint; (ii) Science-industry cooperative surveys were carried out using commercial fishing vessels in order to study the effects of bottom fishing gears and the distribution of VMEs indicator species; (iii) Multidisciplinary scientific cruises were carried out in order to collect geophysical information (multibeam survey and very high resolution seismic profiles) and data on composition and distribution of benthic communities (bottom trawls, rock dredges and box corers). Dredge samples supported geophysical studies and surface sediments (obtained using box corers) were used to calibrate backscatter data and create sediment maps, which in turn helped to locate benthic communities. CTDs were used to study hydrographical conditions. Video, photography and ROVs, were further used to obtain seabed images.

## 3. Results & Discussion

### 3.1. Case Study 1: ECOVUL-ARPA project (Hatton Bank, NEAFC). Research on VMEs and management measured adopted

Three multidisciplinary deep-sea surveys were undertaken between 2005 and 2007, using the multipurpose RV “Vizconde de Eza” and RV “Miguel Oliver”. Nearly 18760 km<sup>2</sup> of multibeam bathymetry (Simrad EM-300) and 1121 km of very high-resolution seismic profiles (Topas PS 018) were obtained from the western flank of Hatton Bank in depths of 1000–2100 m, and 38 standardized tows 30-min long using a Lofoten bottom trawl were carried out at depths ranging from 800 to 1500 m. Dredges provided samples of soft sediment and hard substratum. In order to study the surface sediments, 13 box cores were collected at depths ranging from 950 to 1500 m. To study the hard substrata and associated mega-epifauna on rugged terrain, 22 rock dredge samples were obtained at depths ranging from 800 to 1400 m. Data on fishing effort distribution from the Spanish Observers Program (information was available from 3675 commercial trawls, for the 1996–2006 period) and VMS graphics (obtained from the Spanish Government for 2004–2005), shown that the Spanish bottom trawl fishery footprint, one of the most important fisheries in the Hatton Bank, was mainly located on the W slope (~1000 - 1500 m depth) (ICES, 2013). In recent years, the footprint moved to the SE slope (Durán Muñoz *et al.* 2012b). Additionally, three cooperative surveys carried out between 2005 and 2008 in collaboration with fishers (using bottom longlines and bottom trawls) were used to evaluate the bycatch of vulnerable benthic invertebrates on the Hatton Bank and in surrounding deep-water areas (Durán Muñoz *et al.* 2011, 2012c).

	NE ATLANTIC	SW ATLANTIC	SE ATLANTIC	NW ATLANTIC
Research project	ECOVUL/ARPA	ATLANTIS	RAP-SUR	NEREIDA
Study Area	Western slope of Hatton Bank	Part of the Patagonian shelf and slope	Valdivia Bank and Ewing Seamount (Walvis Ridge)	Slopes of the Grand Banks of Newfoundland, Flemish Pass and Flemish Pass
Depth range	~1000-1500 m	~200-1600 m	~200-3000 m	~700-2000 m
Field works period	2005-2008	2007-2010	2008-2010	2009-2010
Main participants	Spain	Spain	Spain, Namibia	Spain, Canada, U.K., Russia
Research vessels	R/V Vizconde de Eza R/V Miguel Oliver	R/V Miguel Oliver	R/V Vizconde de Eza	R/V Miguel Oliver CCGS Hudson
Management objective	Development of a multidisciplinary methodology to study VMEs in the High Seas. Identification of cold-water coral areas in the Hatton Bank and adjacent areas, as well as selection of protection areas	Identification of VMEs in the High Seas of the SW Atlantic. Selection of protection areas. Data collection for fish stock assessments	Experimental study to locate and characterise VMEs associated with seamounts in the SEAFO Regulatory Area	Review of areas currently closed within the NAFO Regulatory area. Identification of new VMEs areas
Fisheries and fishing depth	Multispecies bottom trawl deep-sea fishery for grenadiers and smoothheads (>1000 m)	Bottom trawl shallow fishery for hakes and shortfin squids (<300 m)	Experimental and sporadic pot and bottom longline fisheries for deep-sea red crabs and fish (e.g. Patagonian toothfish) (>300 m)	Bottom trawl deep-sea fishery for Greenland halibut (>700 m)
RFMO Regulatory Area	NEAFC	–	SEAFO	NAFO
Related working groups and advisory bodies	ICES-NAFO WGDEC, ICES ACOM, NEAFC-PECMAS	–	SEAFO SC and SSC	ICES-NAFO WGDEC, NAFO WGES, WGEAFFM NAFO SC
Multibeam bathymetry (km <sup>2</sup> )	~18760	~59105	~15823	~68900
Very-high resolution seismic profiles (km)	~1121	~91905	~1455	~18606
Scientific trawl sets	38	413	63	n.a.
Rock dredges	22	102	15	104
Box corers	13	209	n.a.	341
CTD	–	519	136	~414
Visual ground-truth validation	–	Photo/video ROV	n.a.	Photo/video ROV
Fishery footprint. Number of bottom trawls and period analyzed	3675 (1996-2006)	12788 (1989-2010)	1267 (1996-2007)	Data obtained from NAFO
Science-industry cooperative surveys	Longline/trawl	Longline/pots	Longline/pots	n.a.
Management results obtained/expected	Hatton Bank closed area (~30000 km <sup>2</sup> ) Edoras Bank closed area Data on cold-water corals and sponges were included in the ICES VME Database	SW Atlantic closed area (~41300 km <sup>2</sup> )	Results have only been used to analyze the suitability of using predictive models inside the surveyed area and outside it Current SEAFO closed areas are precautionary	International VME data base. Redefining the boundaries of NAFO closed areas (e.g. sponge and coral fields). Identification of new VMEs

**Table 1.** Methodology used, data collected and other characteristics of the Spanish habitat mapping programme developed in the Atlantic Ocean (High Seas). *Metodología utilizada, datos recogidos y características de mapeado de los programas desarrollados en aguas internacionales del océano Atlántico.*



As a result of the research (Table 1), cold-water coral ecosystems, sponges dominated communities and vulnerable morphological features (e.g. carbonate mounds, rocky outcrops, etc.) were identified in the bank, as well as an extensive sedimentary deposit (Hatton Drift) where cold-water coral reefs were absent (Durán Muñoz *et al.* 2009; Sayago-Gil, *et al.* 2010). The bycatch study undertaken in collaboration with Spanish longlining fishers (Durán Muñoz *et al.* 2011) was crucial to advice on the protection of the Edoras Bank, a seamount located to the south of Hatton Bank (ICES, 2012). Data on VMEs indicator species distribution from the Spanish surveys in both banks (Durán Muñoz *et al.* 2009, 2011, 2012c) fed the ICES VMEs database and were used to delineate the closed areas.

Since 2007, the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) suggested that the NEAFC and the European Union (EU) close different parts of the Hatton Bank to bottom fishing, in order to protect VMEs. Between 2007 and 2013, four bottom fishing closures were progressively adopted by NEAFC and the EU in the Hatton Bank (Durán Muñoz & Sayago-Gil, 2011, ICES, 2013). The total closed area increased from ~7100 (2007) to ~30000 km<sup>2</sup> (2015). Such closure lies at depths that range from 500 to ~1500 m. Edoras Bank was also closed in 2013 (Figure 2).

### 3.1.1. Next steps and lessons learned

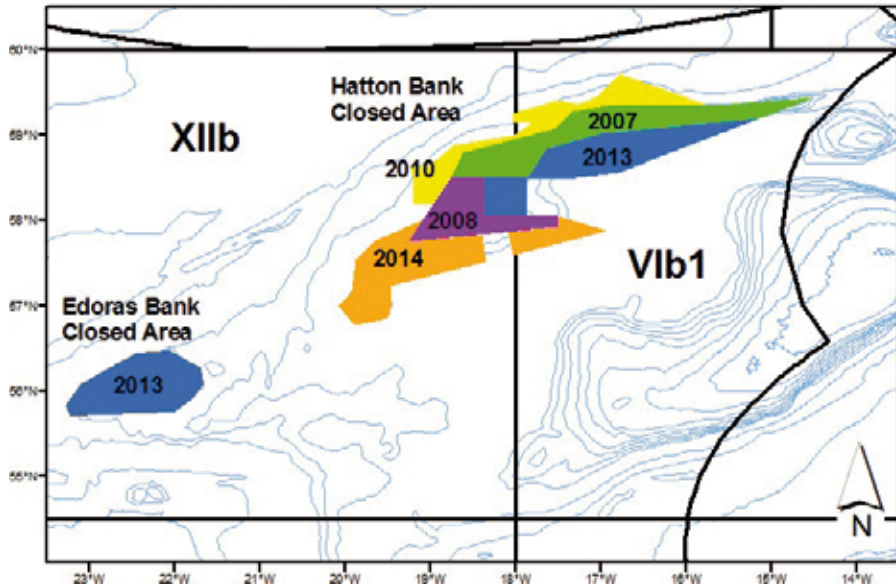
VMS data collected by NEAFC for control purposes are also a source of relevant information for scientific advice (NEAFC, 2013). Availability of VMS data is fundamental to identify the footprint of bottom fishing activities, as well as the potential overlapping between fisheries and VMEs in order to delineate suitable boundaries of closed areas.

VMEs indicator species by-catch data can be successful used for scientific advice regarding the Common Fisheries Policy: (i) feeding global VME databases (ICES, 2013); (ii) providing assessment on VME presence and fishing impacts (Durán Muñoz *et al.* 2011, 2012c); and (iii) as a data source to habitat suitability modeling (Taylor *et al.* 2013). For this reason, collection of such data in the EU High Seas fisheries could be supported by the “Data Collection Framework” (EC, 2008).

Multidisciplinary habitat mapping programs (including multibeam surveys) may contribute to fulfill the new obligations derived from the EU Parliament position adopted in December 2013, regarding the EU regulation on NE Atlantic High Seas fishing (e.g. list of VMEs, impact assessments, etc.).

Species distribution models (SDMs) have a great potential to produce habitat suitability maps to predict the distribution of VME indicator species. SDMs can be a help to assess risk areas to VMEs from bottom fishing activities, but the accuracy of predictions needs to be improved.

The ICES working group on deep-water ecology (ICES, 2013) identified the necessity to develop a method to formalize expert opinion and to optimize the use of the ICES VMEs database (currently comprises ~8000 VME records), with the aim to produce a more systematic advice on closed areas. Multi-criteria assessment (MCA), a method of aggregating



**Figure 2.** Map of the North-east Atlantic showing the Hatton Bank and Edoras Bank Closed Areas adopted by the NEAFC and the EU between 2007 and 2013. The different closures are represented by coloured polygons, showing in which year each closure came into force (green, 2007; purple, 2008; yellow, 2010; blue, 2013; orange, 2014). Depth contours from GEBCO. *Mapa del Noreste Atlántico mostrando las áreas cerradas del Banco Hatton y Edoras. Dichas áreas fueron adoptadas por NEAFC y la UE entre 2007 y 2013. Los cierres se representan con polígonos de colores, mostrando el año en los que fueron aplicados (verde, 2007; morado, 2008; amarillo, 2010; azul, 2013; naranja, 2014). Contornos de profundidad del GEBCO.*

and weighting data on different attributes relevant to take decisions, can be an option. MCA could be used to assess the importance of each record regarding the presence of a VME. Would be important also to resolve how other data layers, as high resolution seabed data from acoustic surveys (multibeam, side scan-sonar, sub-bottom profilers, etc.) or SDMs data, can be used in the MCA.

### 3.2. Case Study 2: NEREIDA project (Grand Banks, Flemish Pass, and Flemish Cap, NAFO). Research on VMEs and management measured adopted

NEREIDA, a Spanish-led multidisciplinary and international project with contribution from various NAFO contracting parties such as Canada, the UK, and Russia, was initiated in response to the UNGA Resolution 61/105. The main objective of the NEREIDA project is to gather information for the identification and delineation of VMEs in the NAFO Regulatory Area with special focus on those dominated by deep-water corals and sponges. This demarcation is a necessary step in the decision making process for the protection of these areas.

Several research cruises for the NEREIDA project were carried out on board the Spanish Research Vessel “Miguel Oliver” and the Canadian Coast Guard Ship “Hudson” in 2009 and 2010. During these surveys, high resolution multibeam (68900 km<sup>2</sup>) and seismic data (18600 km) were collected, and rock dredges (N=104), boxcorers (N=341), drop cameras, and ROVs (2143 photographs and about 116 hours of video) were used to sample and survey the benthos. All organisms collected were identified down to the lowest taxonomic classification possible. Taxonomic identification of organisms from the photos was aided by voucher specimens collected during the NEREIDA surveys using a rock dredge and mega-boxcorer onboard the R/V “Miguel Oliver”.

Information derived from these surveys is being discussed and analyzed by several NAFO working groups (WGEAFFM and WGESA) and are demonstrated to be very useful in order to have a complete view of the ecosystem allowing a detailed identification of those areas candidate to protect and therefore fulfill the UNGA Resolution 61/105 (paragraph 83) requirements.

Based on the best available scientific information provided by scientific surveys and to ensure the implementation of effective measures to prevent significant adverse impacts of bottom fishing activities on VMEs in the Regulatory Area, in January 2010, NAFO imposed 11 interim exclusion zones on all bottom fishing activities on the slopes adjacent to the Grand Banks of Newfoundland (Canada; NAFO, 2010). These areas were identified thanks to the information collected by groundfish surveys (UE, Spain and Canada) in response to the United Nations General Assembly (UNGA Res. 61/105, paragraph 83) request for Regional Fisheries Management Organizations to regulate bottom fisheries that cause a significant adverse impact on VMEs.

In April 2013, with the addition of new scientific data, the Fisheries Commission Working Group of Fishery Managers and Scientists on VMEs recommended to extend the boundaries of several closed areas (2, 7, 8, 10) and the addition of a new closed area (12) in the Northwest Flemish Cap.

In 2014, a new review of closed areas in the NRA was carried out and the Fisheries Commission and Scientific Council Working Group on the Ecosystem Approach Framework to Fisheries Management recommended some adjustments to area 4 (Southeastern Flemish Cap) and the addition of the new area 13 (Beothuk Knoll).

These modifications were adopted by the Fisheries Commission and are effective until December 2020. These 13 closures collectively cover an area about 12329 km<sup>2</sup>.

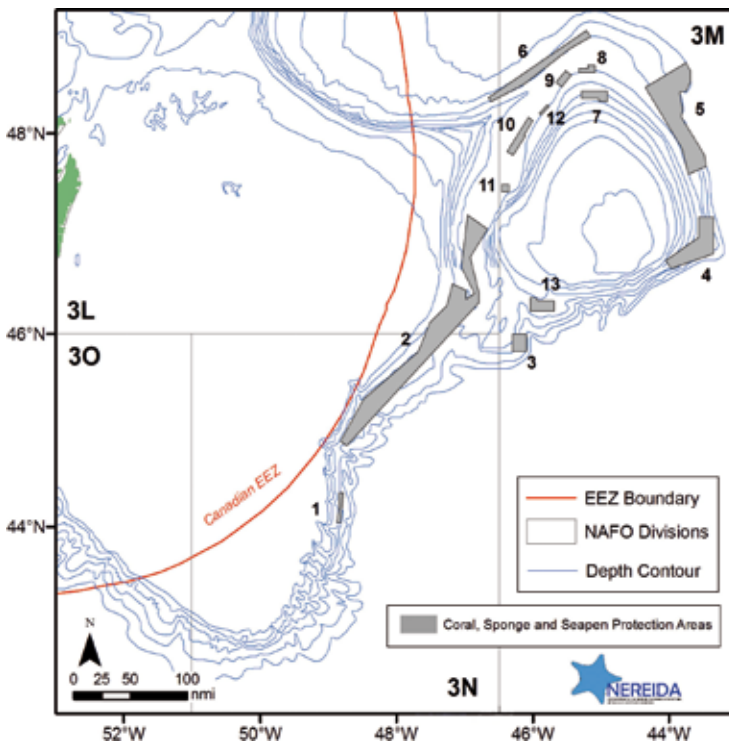
### 3.2.1. Next steps and lessons learned

Next steps on NEREIDA project consist of finishing the analysis of rock dredge samples against recently produced list of VME indicator species. This is a unique benthic data set covering areas not sampled by the trawl surveys and collecting a different subset of the benthos not sampled by the trawls. The data will also be used for VME assessments and identification of

benthic communities linked to Significant Adverse Impacts (SAI). Box core sample species biomass layer will also be produced taking into account that this is a unique benthic data set recording macrobenthic infauna which are important food for fish species. All the samples collected with Box Corer provide a fully quantitative description of the soft bottom habitat in the NRA.

Fishery managers often must take decisions regardless of data availability or completeness of scientific understanding. Nowadays, there is ongoing need to improve this lack of good scientific data. In light of this, Spain, by itself or in collaboration with other countries has made a great effort investing time and money in marine ecosystem research. This investment has resulted in the development of an ambitious scientific program that required a multidisciplinary approach in the Atlantic Ocean to identify and protect VMEs.

NEREIDA research project is a good example of producing analyses that are being used in different NAFO Working Groups to refine boundaries of currently closed areas in the NAFO Regulatory Area (Figure 3) (NAFO, 2015). All these analysis are critical for the delivery of the review of NAFO fisheries closures since it is the only source of benthic community data available which covers all of the closures in the fishing footprint and adjacent areas.



**Figure 3.** Polygons Delineating Areas of High Sponge and Coral Concentrations. *Polígonos que delimitan áreas de altas concentraciones de esponjas y corales.* (modified from: NAFO, 2015).

### 3.3. Case Study 3: ATLANTIS project (Patagonian shelf and adjacent slope, SW Atlantic). Research on VMEs and management measured adopted

Following United Nations General Assembly recommendations (UNGA 2004, 2006) and the International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High Seas (FAO, 2009), the Spanish Institute of Oceanography (IEO) and with cooperation from the General Secretariat of Fisheries (SGP) carried out between October 2007 and April 2010 a series of 13 multidisciplinary research surveys in the High Seas of the SW Atlantic onboard the multipurpose R/V Miguel Oliver. This multidisciplinary study was conducted within the framework of the ATLANTIS project, whose main goal is the study of fishing activities and marine resources in the SW Atlantic. The main objectives of these scientific cruises were: (i) the quantitative and qualitative description of the biotopes, ecosystems or communities identified as Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs); (ii) the identification of the vulnerable organisms eventually found in the study area; and (iii) to assess the potential negative impact of bottom trawl fishing in VMEs indicator species, including the proposal of possible marine areas which should be protected, to ensure the sustainable exploitation of fishing resources.

The main results obtained during the multidisciplinary research surveys were: (i) a detailed cartographic and bathymetric mapping of the area with a description of the geological substratum and of the benthic features; (ii) the identification and description of the VMEs; (iii) the proposal of areas to be considered for protection, supported by geological, geomorphological and biological criteria; (iv) the analysis of the abundance and distribution of the main commercial species; (v) comparisons between fished and unfished areas using direct seafloor observations methods (video, photography and Remotely Operated Vehicle); and (vi) the analysis of hydrographic conditions and pollutants (Portela *et al.* 2012).

The ATLANTIS project swath-mapped for the first time large areas of the Argentine Continental Margin from 41° 30'S to 48°S, obtaining full data coverage of the seafloor in this region between the outermost continental shelf and the middle slope down to 1600 m water depth contour (Lastras *et al.* 2011; Muñoz *et al.* 2012, 2013). The benthic megafauna caught during the cruises, showed a clear dominance in biomass and diversity of the phyla Porifera and Cnidaria. The vulnerable habitats found in the SW Atlantic are: deep-sea sponge fields or sponge aggregations, deep-sea corals -also known as cold-water corals- which belong to the Phylum Cnidaria, coral gardens or octocoral gardens, which are characterized by their relatively dense aggregation of colonies, individuals or several coral species and deep-sea rocky habitats with rare or endemic species (Rios *et al.* 2011; Portela *et al.* 2012; Cairns and Polonio, 2013; Figuerola *et al.* 2014). Most species of these groups are considered as vulnerable according to the latest criteria established by international organizations (FAO, UN and OSPAR).

Nine large areas with presence of VMEs were identified and designated as candidate areas for closure to bottom fishing along the Patagonian shelf and adjacent slope. The closure proposal was made public in April 2011, and the Spanish Government based on the scientific advice, established a fishing prohibition for the Spanish bottom trawling fleets in the High Seas of the SW Atlantic. The current closed area amounts to 41300 km<sup>2</sup>, approximately.

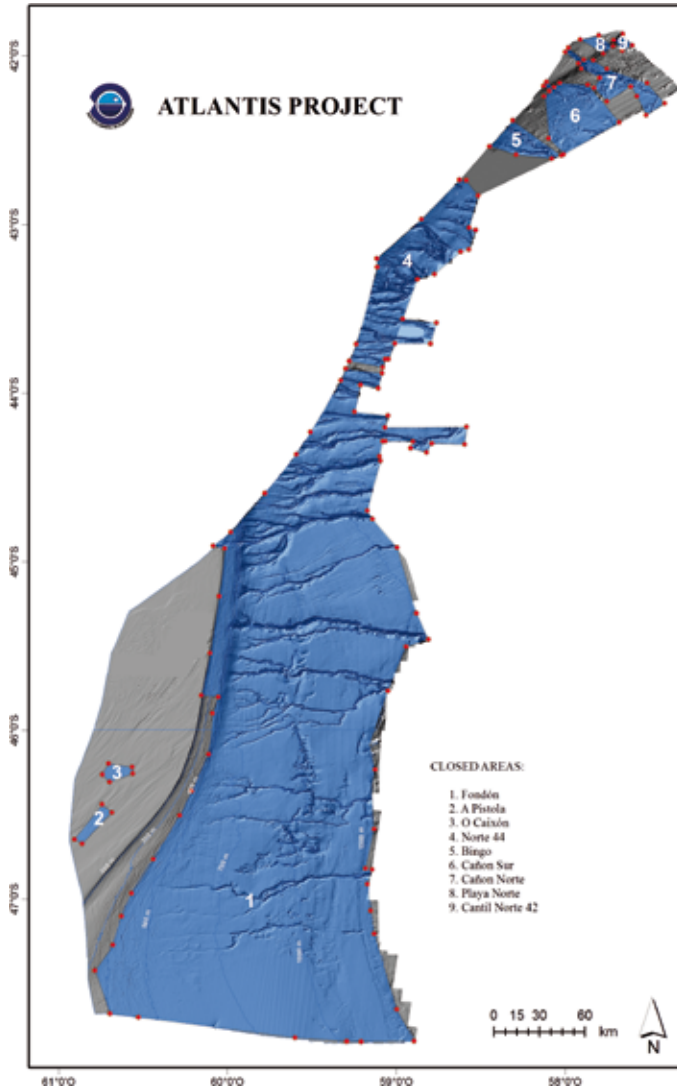


Figure 4. Trawl bottom fishing closed areas in the Patagonian shelf and adjacent slope. *Áreas cerradas a la pesca de arrastre de fondo en la plataforma patagónica y talud.*

### 3.3.1. Next steps and lessons learned

The fishing grounds off the Patagonian Shelf are actually one of the few areas around the world with important fishery resources but in which there is no effective regulation under any RFMOs (even local assessment and management is made inside the Falkland Islands Interim and Outer Conservation Zones (FICZ/FOCZ) and inside Argentinean EEZ). The non existence of RFMOs in the SW Atlantic would mean absence of international agreements and collabora-

tions for providing the necessary tools to protect VMEs from significant adverse impacts due to bottom fishing and to ensure the long-term sustainability of fish stocks.

Individual regulatory measures of the type already implemented by the EU and Spain to protect the VMEs in the SW Atlantic could not be effective if the other actors of the fishery did not implement similar measures. The lack of commercial fishing data of other bottom trawling fleets also operating in this region makes it impossible to ascertain if VMEs are known or likely to occur in High Seas areas where bottom fishing takes place, or whether fishing practices are significantly damaging them. The need for further research on the location, spatial distribution and characteristics of VMEs is necessary in order to improve the protection measures in the area.

The research activities carried out in the High Seas of the SW Atlantic to management strategies to limit the impact of bottom trawling on VMEs, can be considered a good example carried out by Spain to contribute the protection of VMEs from bottom fishing activities, according the UNGA Resolutions 61/105 and 64/72. Scientific data from ATLANTIS project has great scientific value because this is a poorly studied area and a considerable effort has been taken in order to increase the scientific knowledge on VMEs in the SW Atlantic.

### 3.4. Case Study 4: RAP-SUR project (Walvis Ridge and adjacent seamounts, SEAFO Convention Area). Research on VMEs and management measured adopted

The SEAFO Convention Area covers part of the High Seas of the South East Atlantic Ocean, that comprise waters beyond areas of national jurisdiction in the region between 5°-6° (West and East of 10° West) to 50° South and 20° West to 30° East. The main bathymetric features in the region include the Southern Mid-Atlantic Ridge, the Walvis Ridge and part of the Guinea Seamount Chain; seamounts complexes as Discovery and Meteor; and single seamounts as Vema, Ewing, Topaz, Malahit Guyot, Dampier, Africana and Panzarini.

Although there are common concurrent elements among different Atlantic Ocean regions, each region itself is special and singular; therefore, the approach in response to the same task might be different. From the perspective of fishing activity within the SEAFO area has not apparently had a high fishing pressure as a whole in the past but single seamounts could have been fished deeply targeting benthopelagic species at any time. Nowadays the fishing effort is based on 1 to 5 vessels working less than 3 months a year. However, fisheries target species are not widely spread throughout the whole area and sometimes these species are only associated to a few seamounts in the region. Moreover, the seamounts geographical distribution; the bathymetry, morphostructural features and nature of the seabed; and the hydrographic characteristics determine the species presence and distribution.

Current fisheries in the SEAFO Convention Area are: pot deep-sea red crabs around Valdivia Bank; mid-water trawl targeting benthopelagic species as alfonsinos (*Beryx* spp.) or pelagic armourhead (*Pseudopentaceros richardsoni*) in Valdivia Bank and seamounts north 40° South;

and bottom longline south 40° South mainly in Discovery and Meteor seamount complexes targeting the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*). Bottom trawl is not a usual technique in this region because there are not practically trawlable bottoms, but also the demersal marine living resources that are the objective of this fleet are very scarce in the region.

In 2007, ten areas were closed to bottom fishing as a precautionary measure from 1 January 2007 to 31 December 2010 (SEAFO, 2006). However, the SEAFO Commission decided to maintain open three areas that were initially recommended to be closed by the Scientific Committee by considering them as traditional fishing grounds. In 2010, SEAFO revised the previously established closed areas (SEAFO, 2010a, b) upon taking into account the historical fishing footprint provided by Spain for the period 1996-2007 (Sarralde *et al.*, 2009; López-Abellán *et al.*, 2010), as well as data provided by Portugal that included the rock-lobster (*Jasus tristani*) fishery in Vema Seamount, similar to that taking place westward in Tristan da Cunha jurisdictional waters.

Thus, this period until the end of 2010 was used to refine the fishing footprint in the region and redesign the system of precautionary closed areas. Eleven areas delimiting single seamount or groups of seamounts scattered throughout all area and “bioregions” were established, under the consideration that most of them were either unfished or lightly fished. In this process, the closed area (Discovery, Junoy and Shannon seamounts complex) was opened but Vema seamount, even though equally already fished, was maintained closed as a singular seamount. At this stage, SEAFO has defined the map of the existing fishing grounds and established the process to incorporate new fishing grounds to the Convention Area (SEAFO, 2013).

In parallel with that process, SEAFO adopted the VME indicator species threshold levels, initially copying those adopted in the North Atlantic for bottom trawl fisheries. These thresholds and the appropriate encounter protocols (SEAFO, 2013) were re-defined according to the specific characteristics of the region and fisheries involved. The protocols which include move on rule when an encounter has been reached constitute the standard method for detecting, protect and define the VME extent based on fishing activity as in CCAMLR bottom longline exploratory fisheries (Sarralde *et al.* 2010).

This approach do not exclude direct research on the seamounts and in this regard, the three multidisciplinary research surveys (2008, 2009 and 2010) on board the R/V Vizconde de Eza conducted in the seamounts of Ewing and Valdivia Bank (Walvis Ridge) open areas, as a collaborative work between Spain and Namibia through the Instituto Español de Oceanografía (IEO) and the National Marine Information and Research Centre of Swakopmund (NatMIRC) have been valuable. These surveys were designed as an experimental study to locate and characterise VMEs associated to seamounts in the SEAFO region, being the main objective to identify a feasible procedure for application throughout the SEAFO region. Studies on biodiversity, acoustic and geophysics, hydrography were conducted, as well as seabird and cetacean observations. A total of 15823 km<sup>2</sup> were surveyed with a multibeam echosounder and 1462 km of seismic profiles using an ultra-high resolution parametric sounder. The depth ranged between 218 m at the outcrop in the South-eastern sector of Valdivia Bank and 3000 m in the southern part of our study area.





Figure 5. Study area (Ewing and Valdivia Bank) and precautionary closed areas (orange polygons). *Zonas de estudio (Ewing y banco de Valdivia) y zonas cerradas precautorias (polígonos naranjas).*

Predictive distribution models on potential VME are being used with the data collected to develop a Habitat Suitability Map (HSM) for the studied area and test the potential suitability to be applied to the whole area. Depth, slope, orientation and quality of the substratum seem to be the variables that affect distribution (by spots) of VME indicator species at these locations. Results are still ongoing with the reanalysis of data, including new revisions of seismic profiles and the use of bio-constructions locations into the models. On the other hand, the bathymetry obtained from the surveys has allowed to SEAFO a better understanding of the spatial distribution of fishing activity in the Valdivia Bank and will allow future analysis on potential adverse impact, in the case that a VME risk area is detected and verified.

### 3.4.1. Next steps and lessons learned

Preliminary results show that predictive models work correctly between prospected areas when variables with the same accuracy are used, but it is not easy to extrapolate accurately the prediction outside this area where variables are not available or their resolution is insufficient.

The estimated area shallower than 2000 meters in the SEAFO jurisdictional area, where VME indicator species likely occur, is around 164194 km<sup>2</sup>. Essays to extrapolate a model using the

depths of taxa distribution as the only variable collide with the low accuracy of the available bathymetry and the absence of appropriate data that define the limits of the geographical distribution of the taxa.

The surface mapped through the research surveys only represents around 2% of the total SEAF0 seabed above 3000 m depth (839248 km<sup>2</sup>). Thus, it is unrealistic to think that this vast and spread extension could be mapped with the same precision considering ship time and associated cost. However, cruises targeting specific areas or seamounts of contrasted interest might be an intermediate solution.

#### 4. Conclusions

Seabed mapping projects presented in this manuscript contributed to improve our knowledge on Vulnerable Marine Ecosystems supporting the implementation of protection measures that have had an important impact in the compliance with the UNGA Resolutions on Sustainable Fisheries (61/105, 64/72, 66/68) particularly regarding the mapping, identification and protection of VMEs on the High Seas areas regulated by NEAFC and NAFO. They have been an important tool in the process of selecting and refining areas to be protected in the High Seas of the Atlantic Ocean. Areas closed to bottom fishing have a clear fisheries management objective, trying to meet the United Nations mandate.

These areas, focused on the protection of seabed features and habitat forming species in the High Seas, have been implemented by Regional Fisheries Management Organizations and States, and can be considered as good examples of management measures oriented to the sustainability of High Seas fisheries at large spatial scale.

Additionally, these projects have contributed to feed existing data bases with new data that have conduced to an important progress in the management of deep-sea fisheries and the selection of areas to be closed to fishing.

Moreover, these projects have facilitated international cooperation based on new information provided to policy makers and regulatory bodies being an incentive to continue ongoing research and to address new challenges in the implementation and management of protected areas in the High Seas fisheries study.

#### 5. Acknowledgements

We would like to sincerely thank all Institutions and staff who participated in the habitat mapping projects and/or scientific cruises: IEO, Spanish Government (SGP) and collaborators from Spain, Canada, the United Kingdom, the Russian Federation, Namibia, Portugal, and Argentina. Research activities were mainly financed by the IEO, the Spanish Government and, whenever pertinent, by the EU and the countries involved in the mentioned projects/programs.

## 6. References

- Cairns, Stephen D. and Polonio, V.** (2013) New records of deep-water Scleractinia off Argentina and the Falkland Islands. *Zootaxa*, 3691(1): 58-86.
- Durán Muñoz, P., Sayago-Gil, M., Cristobo, J., Parra, S., Serrano, A., Díaz del Río, V., Patrocinio, T., Sacau, M., Murillo, F. J., Palomino, D. and Fernández-Salas, L. M.** (2009). Seabed mapping for selecting cold-water coral protection areas on Hattton Bank, North-east Atlantic. – ICES Journal of Marine Science, 66: 2013–2025.
- Durán Muñoz, P. and Sayago-Gil, M.** (2011) An overview of cold-water coral protection on the high seas: The Hattton Bank (NE Atlantic) - a case study. *Marine Policy* 35, 615-622.
- Durán Muñoz, P., Murillo, F.J., Sayago-Gil, M., Serrano, A., Laporta, M., Otero, I. and Gómez, C.** (2011) Effects of deep-sea bottom longlining on the Hattton Bank fish communities and benthic ecosystem, north-east Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91, 939-952.
- Durán Muñoz, P., Sayago-Gil, M., Murillo, F.J., Del Río, J.L., López-Abellán, L.J., Sacau, M. and Sarralde, R.** (2012a) Actions taken by fishing Nations towards identification and protection of vulnerable marine ecosystems in the high seas: the Spanish case (Atlantic Ocean). *Marine Policy* 36, 536-543.
- Durán Muñoz, P., Sacau, M. and M. Sayago-Gil on behalf of the ECOVUL/ARPA Team** (2012b) The EU's experience in the protection of cold-water corals in the high seas: The Hattton Bank (NEAFC Regulatory Area) – a case study. NEAFC-PECMAS symposium on its bottom fisheries. *North East Atlantic Fisheries Commission*. London, 25 June 2012.
- Durán Muñoz, P., Sayago-Gil, M., Patrocinio, T., González-Porto, M., Murillo, F. J., Sacau, M., González, E., Fernández, G. and Gago, A.** (2012c) Distribution patterns of deep-sea fish and benthic invertebrates from trawlable grounds of the Hattton Bank, north-east Atlantic: effects of deep-sea bottom trawling. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92, 1509-1524.
- EC** (2008) Commission Regulation (EC) No 665/2008 of 14 July 2008 laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EC) No 199/2008 concerning the establishment of a Community framework for the collection, management and use of data in the fisheries sector and support for scientific advice regarding the Common Fisheries Policy.
- FAO** (2009) *International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 73 pp.
- Figuerola, B., Gordon, Dennis P., Polonio, V., Cristobo, J. and Avila, C.** (2014) Cheilostome bryozoan diversity from the southwest Atlantic region: Is Antarctica really isolated. *Journal of Sea Research* 85, 1–17.
- ICES** (2012) Report of the ICES-NAFO Joint Working Group on Deep-water Ecology (WGDEC). *International Council for the Exploration of the Sea* (CM papers and reports), CM 2012/ACOM:29
- ICES** (2013) Report of the ICES-NAFO Joint Working Group on Deep-water Ecology (WGDEC). *International Council for the Exploration of the Sea* (CM papers and reports), CM 2013/ACOM:28.
- Lastras, G., Acosta, J., Muñoz, A. and Canals, M.** (2011) Submarine canyon formation and evolution in the Argentine Continental Margin between 44°30'S and 48°S. *Geomorphology* 128, 116–136.
- López-Abellán, L.J., Holtzhausen, J.A., Agudo, L.M., Jiménez, P., Sanz, J.L., González-Porto, M., Jiménez, S., Pascual, P., González, J.F., Presas, C., Fraile, E. and Ferrer, M.** (2008) Preliminary report of the multidisciplinary research cruise on the Walvis Ridge seamounts (Atlantic Southeast-SEAFO). <http://hdl.handle.net/10508/370>, Part I-II: 191 pp.
- López-Abellán, L.J., Sarralde, R., Barreiro, S., Durán-Muñoz, P., González, C., Iglesias, S. and Paz, X.** (2010) Mapping the Spanish bottom fishing footprint (1996-2006) in the SEAFO area: a possible example to proceed. *SEAFO SCW DOC 01/2010*: 9 pp. <http://hdl.handle.net/10508/381>.
- Muñoz, A., Cristobo, J., Ríos, P., Druet, M., Polonio, V., Uchupi, E., Acosta, J., Iglesias, S., Portela, J., Del Río, J.L., Parra, S., Sacau, M., Vilela, R., Patrocinio, T., Almón, B., Elvira, E., Jiménez, P., Fontán, A., Alcalá, C. and López, V.** (2012). Sediment drifts and cold-water coral reefs in the Patagonian upper and middle continental slope. *Marine and Petroleum Geology* 36, 70-78.
- Muñoz, A., Acosta, J., Cristobo, J., Druet, M., Uchupi, E., Iglesias, S., Portela, J., Del Río, J.L., Parra, S., Sacau, M., Vilela, R., Patrocinio, T., Almón, B., Elvira, E., Jiménez, P., Fontán, A., Alcalá, C. and López, V.** (2013) Geomorphology and shallow structure of a segment of the Atlantic Patagonian margin. *Earth-Science Reviews* 121, 73–95.
- NAFO** (2015) NAFO Conservation and Enforcement Measures 2015. Available: <http://www.nafo.int/fisheries/frames/cem-toc.html>
- NEAFC** (2013) Recommendation 5:2013. Recommendation to Provide VMS and Catch Data to ICES for Scientific Purposes. North East Atlantic Fisheries Commission, London, 2013.
- OSPAR** (2003) OSPAR Recommendation 2003/3 on a Network of Marine Protected Areas. Consolidated text.
- Portela, J., Acosta, J., Cristobo, J., Muñoz, A., Parra, S., Ibarrola, T., Del Río, J.L., Vilela, R., Pilar Ríos, P., Blanco, R., Almón, B., Tel, E., Besada, V., Viñas, L., Polonio, V., Barba, M. and Marín, P.** (2012) Management Strategies to Limit the Impact of Bottom Trawling on VMEs in the High Seas of the SW Atlantic. Marine Ecosystems. Dr. Antonio Cruzado (Ed.). ISBN: 978-953-51-0176-5. Publisher: InTech. 310 pages.
- Ríos, P., Kelly, M. and Vacelet, J.** (2011) *Cercicladia australis*, a new carnivorous sponge with novel chelae from the Tasman Basin and the Argentine Patagonian Margin (Porifera, Cladorhizidae). *Zootaxa* 3131: 52–62.
- Sarralde, R., López-Abellán, L.J. and Barreiro, S.** (2010) VME-indicator analysis from a 2010 Spanish longliner commercial cruise in the SEAFO area (Division D). *SEAFO SCW DOC 02/2010*: 13 pp. <http://hdl.handle.net/10508/377>.
- Sarralde, R., López-Abellán, L.J., Durán-Muñoz, P., Figueiredo, I., González, C., Iglesias, S. and Paz, X.** (2009) Exercise of recovery available historical data from Spanish and Portuguese fleets to analyze partial fishing footprint in the SEAFO area. *SEAFO SCR Doc 02/09*: 13 pp. <http://hdl.handle.net/10508/379>.
- Sayago-Gil, M., Long, D., Hitchen, K., Díaz-del-Río, V., Fernández-Salas, L.M. and Durán-Muñoz, P.** (2010) Evidence for current-controlled morphology along the western slope of Hattton Bank (Rockall Plateau, NE Atlantic Ocean). *Geo-Marine Letters* 30, 99-111.
- SEAFO** (2006) Report of the 3th annual meeting of the Commission. South East Atlantic Fisheries Organization, Walvis Bay, Namibia. <http://www.seafo.org/CommAnnualReports.html>
- SEAFO** (2010a) Report of the 7th annual meeting of the Commission. South East Atlantic Fisheries Organization, Walvis Bay, Namibia.
- SEAFO** (2010b) Conservation Measures 18/10 on the Management of Vulnerable Marine Ecosystems.

able Deep Water Habitats and Ecosystems in the SEAFO Convention Area. South East Atlantic Fisheries Organization, Walvis Bay, Namibia.

---

**SEAFO** (2013) Conservation Measure 26/13 on Bottom Fishing Activities in the SEAFO Convention Area. South East Atlantic Fisheries Organization, Walvis Bay, Namibia.

---

**Taylor, M.L., Yesson, Agnew, D.J., Mitchell, R.E. and Rogers, A.D.** (2013) Using fisheries by-catch data to predict octocoral habitat suitability around South Georgia. *Journal of Biogeography*. doi:10.1111/jbi.12122.

---

**UNGA** (2004) Resolution 59/25 Sustainable fisheries, including through the 1995 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United

Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, and related instruments. UNGA A/RES/59/25.

---

**UNGA** (2006) Resolution adopted by the General Assembly. 61/105. Sustainable fisheries, including through the 1995 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, and related instruments. Ref.: A/Res/61/105. United Nations, New York, 2006.

---

**UNGA** (2009) Resolution adopted by the General Assembly. 64/72. Sustainable fisheries, including through the

1995 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, and related instruments. Ref.: A/Res/64/72. United Nations, New York, 2009.

---

**UNGA** (2011) Resolution adopted by the General Assembly. 66/68. Sustainable fisheries, including through the 1995 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, and related instruments. Ref.: A/Res/66/68. United Nations, New York, 2011.



## Artículo 4. Diversidad de holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) de la costa y plataforma continental de Asturias

### *Article 4. Holothurians diversity (Echinodermata: Holothuroidea) from the coast and continental shelf of Asturias*

Fernández-Rodríguez, I.<sup>1,2</sup>; Arias, A.<sup>1</sup>; Ríos, P.<sup>2</sup>; Cristobo, J.<sup>2</sup> & Anadón, N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas (Zoología) Universidad de Oviedo, Oviedo, Spain. irefdezrguez@hotmail.com;

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Gijón-Instituto Español de Oceanografía, c/ Príncipe de Asturias 70 bis, 33212 Gijón, Spain.

## Resumen

Existe una laguna importante en el conocimiento y la distribución de los Holoturoideos del litoral de la costa de Asturias, y en el momento actual de cambio global y pérdida de biodiversidad, urge el análisis de la distribución de las especies y de sus cambios. En este trabajo se realiza un inventario en el que se han identificado 237 ejemplares pertenecientes a 15 especies de los órdenes Aspidochirotida, Dendrochirotida, Apodida y Molpadida, fundamentalmente provenientes del litoral de Asturias, de sustrato rocoso o blando, y de plataforma continental, recolectados desde los años 70 hasta la actualidad, aunque también se identificaron algunas especies procedentes del Mediterráneo o del Atlántico, depositadas en la Colección- BOS de la Universidad de Oviedo. *Holothuria sanctori* es citada por primera vez para el Mar Cantábrico y *Pseudocnus dubiosus koellikeri* constituye la primera cita para las costas atlánticas españolas.

**Palabras clave:** Holoturias, equinodermos, mar Cantábrico, golfo de Vizcaya, Asturias.

## Abstract

*There are significant gaps in the knowledge and distribution of the Class Holothuroidea from littoral coast of Asturias, and at the present moment of global change and biodiversity loss, the analysis of the species distribution and their changes is urgent. In this paper 237 specimens have been identified. They belong to 15 species of the Orders Aspidochirotida, Dendrochirotida, Apodida and Molpadida, mainly from intertidal zone, in rocky or soft bottom, and in continental shelf, collected since the 70s until today from the Asturian coast, although a few species from the Mediterranean or Atlantic, deposited in the Collection-BOS of the University of Oviedo, were also identified. Holothuria sanctori is reported by the first time for the Cantabrian Sea and Pseudocnus dubiosus koellikeri is a first record for the Spanish Atlantic coast.*

**Keywords:** Holothurian, Echinoderms, Cantabrian Sea, Bay of Biscay, Asturias.

## 1. Introducción

Existe una laguna importante en el conocimiento y la distribución de los Holoturoideos del litoral de la costa de Asturias, y hacer un inventario de un área determinada es indudable que tiene interés, pues constituye una base indispensable para el conocimiento de la distribución de las especies. En particular sobre la Clase Holothuroidea se aprecia un menor objeto de estudio que sobre las otras clases de equinodermos, debido probablemente a que para su determinación depende casi enteramente de la forma y combinación de escleritos de la pared del cuerpo (Pérez- Ruzafa & Marcos- Diego, 1985). En una época donde los cambios climáticos se han hecho una evidencia, así como la transferencia de especies o ampliación de su área de distribución, estas compilaciones tienen gran valor para detectar cambios futuros. Es también una posibilidad de reagrupar datos no publicados que se han venido recogiendo desde hace unos cincuenta años.

Los datos de Holoturoideos existentes hasta la fecha en las costas de Asturias se han obtenido de campañas oceanográficas sobre la plataforma y talud continental como “Thalassa” “Hespérides 76”, “Cantábrico 83”, “CAP-89”, COCACE y recogidos en varias publicaciones (Cherbonnier, 1969, Monteiro, 1980, López-Ibor, 1987; Hoz & García, 1991 y Louzao *et al.*, 2010). Más recientemente, hay datos de equinodermos procedentes del sistema de cañones de Avilés (Manjón-Cabeza *et al.*, 2014)

El propósito de este trabajo es documentar el material de Holoturoideos depositados en la Colección-BOS (Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo), principalmente del litoral de la costa de Asturias, pero incluyendo también otro material procedente de otras áreas de las costas españolas.

## 2. Material y métodos

El material estudiado está depositado en la Colección-BOS (Universidad de Oviedo). La mayor parte de las holoturias fueron recogidas mediante muestreo directo, en la zona intermareal a lo largo de los últimos cincuenta años en distintas zonas de la costa cantábrica, en sustrato rocoso y sustrato blando (a excepción de los ejemplares del Atlántico este). Parte de material de holoturoideos procedentes de dragados de las campañas COCACE — Campañas Oceanográficas del Cantábrico central— al estar depositado en la Colección-BOS, se ha vuelto a revisar. Estas campañas fueron realizadas entre Abril 1987 y Febrero 1988, obteniéndose las muestras mediante una draga tipo ancla y/o una draga epibéntica modelo Hessler and Sanders (Louzao *et al.*, 2010) (Fig. 1).

Para la identificación de los ejemplares se ha tenido en cuenta la morfología externa: forma general, posición de ano y boca, número y forma de tentáculos, papilas, aspecto del tegumento, etc. Pero para la determinación específica se centró especialmente la atención en la morfología y distribución de los escleritos presentes en el tegumento y en las papilas y pedicelos de los ejemplares. Para la ordenación sistemática y nomenclatura se ha seguido la propuesta por el World Register of Marine Species (WoRMS).



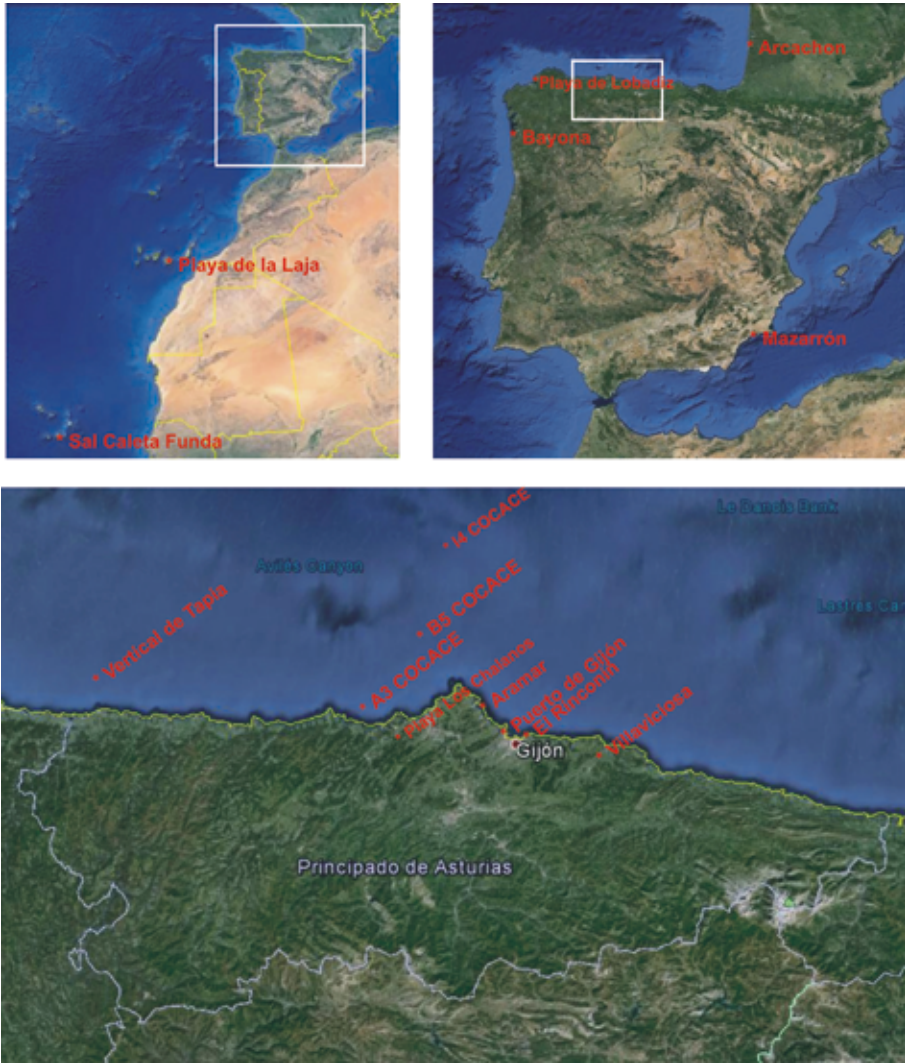


Figura 1. Mapa de las localidades de muestreo.

Para la extracción de escleritos se tomaron pequeñas muestras de tegumento de distintas zonas del ejemplar (bíviun, trívium, tentáculos y pies ambulacrales) y se dejaron disolviendo en hipoclorito sódico durante 24 horas en tubos independientes. Posteriormente se lavaron con agua varias veces para eliminar la lejía, y finalmente se conservaron en alcohol 96° para su observación y microfotografía posterior, con un microscopio fotónico de contraste de fases NIKON ECLIPSE 50i.

De algunas especies seleccionadas, los escleritos fueron preparados para su observación con Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Fueron montadas sobre *stubs* de aluminio, recu-

biertas con una fina capa de oro y observadas para obtención de fotomicrografías con un JEOL 6610 LV.

Se utiliza la abreviatura *Ps.* para la forma abreviada del género *Pseudocnus*, y *La.* para la forma abreviada del género *Labidoplax*.

### 3. Resultados

Filo Echinodermata Bruguière, 1791

Subfilo Echinozoa Haeckel, 1895

Clase Holothuroidea de Blainville, 1834

Orden Aspidochirotida Grube, 1840

Familia Holothuriidae Burmeister, 1837

*Holothuria tubulosa* Gmelin, 1791

*Diagnosis* Cuerpo alargado y cilíndrico, ano y boca terminales; 20 tentáculos orales peltados; papilas dorsales gruesas y cónicas, dispersas y de tamaño variable; región ventral o trívium con pedicelos bien desarrollados; posee un único fascículo gonadal a la izquierda del mesenterio dorsal; corpúsculos turriformes, placas perforadas (ambulacros), discos perforados (habitualmente 6 perforaciones) con superficie rugosa y bastones perforados; color marrón oscuro, marrón rojizo o marrón violáceo, más claro en el trívium.

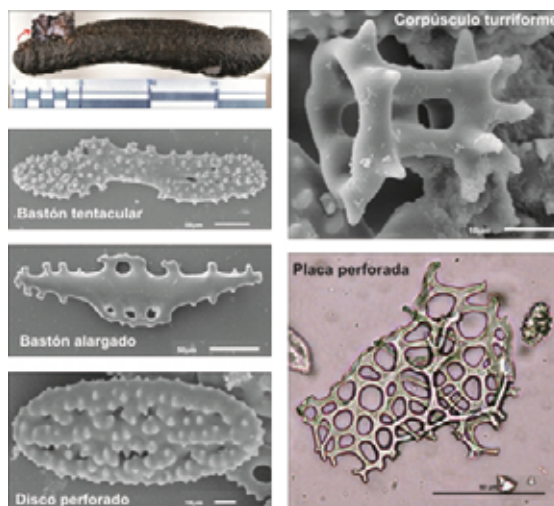


Figura 2. *Holothuria tubulosa*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

*Observaciones.* Es una especie esencialmente litoral. A diferencia de *Holothuria forskali* carece de túbulos de Cuvier. Aunque las puntas de las papilas dorsales pueden ser claras, nunca llegan a ser blancas (diferencia con *Holothuria forskali*) (Míguez-Rodríguez, 2009). Los escleritos de esta especie (Figura 2) difieren en distribución, forma y tamaño a lo largo del cuerpo, siendo mucho más numerosos en el trívium. Los escleritos tentaculares más abundantes son los bastones, densos y gruesos, con superficie espinosa y de tamaño variable. El cuerpo puede alcanzar grandes dimensiones, de 20-30 cm de longitud y 5-6 cm de diámetro.

*Material examinado.* Sustrato rocoso intermareal Aramar (Luanco), 13 ejemplares; sustrato rocoso El Rinconín (Gijón), 12 ejemplares; sustrato blando El Puntal (Villaviciosa), 1 ejemplar.

### *Holothuria forskali* Delle Chiaje, 1823

*Diagnosis.* Cuerpo cilíndrico y alargado, superficie rugosa y coriácea; papilas dorsales cónicas terminadas en un filamento blanco, característico de esta especie; numerosos pedicelos ventrales. Boca ventralizada y rodeada de veinte tentáculos peltados; túbulos de Cuvier presentes; color negro oscuro algo más claro en el trívium y blanco en la punta de las papilas dorsales; tegumento con escleritos escasos, grandes placas perforadas circulares ambulacrales y bastones ligeramente más ramificados; tentáculos con bastones simples alargados y ligeramente curvados, con diminutas espinas en la parte convexa (Figura 3).

*Observaciones.* La profundidad máxima a la que se han encontrado son 15 m, aunque pueden descender a 50-100 m (Koehler, 1921; Tortonese, 1965). Los ejemplares de la zona intermareal son de menor tamaño (25 cm de largo) que los de más profundidad, que pueden alcanzar 35 cm. Color negro oscuro que persiste en alcohol o formol (Míguez-Rodríguez, 2009). Los escleritos se diferencian de los de *H. tubulosa* por ser más escasos especial-

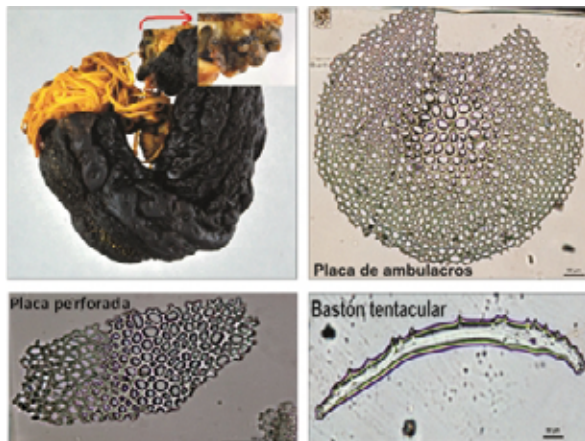


Figura 3. *Holothuria forskali*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

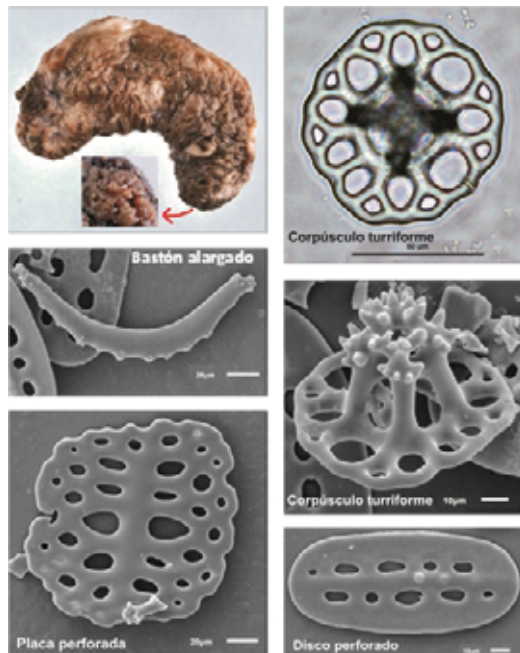
mente en la parte dorsal del animal; también por predominar los bastones simples en los tentáculos.

*Material examinado.* El Rinconín (Gijón), 2 ejemplares; Aramar (Luanco), 1 ejemplar, Acuario de Gijón (donación), 1 ejemplar; puerto de Gijón, 1 ejemplar.

### *Holothuria (Platyperona) sanctori* Delle Chiaje, 1823

*Diagnosis.* Cuerpo casi cilíndrico, aplanado ventralmente; con pedicelos bien desarrollados; papilas dorsales con terminaciones delgadas, agudas y contráctiles; la base de las papilas dorsales tiene pigmentación más clara que el resto del cuerpo; túbulos de Cuvier presentes; escleritos turriformes con cúspides espinosas y bases circulares con 9 perforaciones grandes y 8 pequeñas; tentáculos con bastones curvados con protuberancias en la zona convexa, y placas y discos perforados (Figura 4). Coloración parduzca.

*Observaciones.* Especie litoral descrita a partir de ejemplares de Nápoles y distribuida por el Mediterráneo, aunque existe registro para el Atlántico en Azores, en Arcachon y San Juan de Luz (Francia) (Koehler, 1921). Los ejemplares conservados alcanzan 15-20 cm de longitud y 5 cm de grosor (los ejemplares *in vivo* probablemente eran de mayor tamaño pero en la fijación pudieron contraerse). La pigmentación parduzca es más clara ventralmente y persiste en alcohol (Koehler, 1921). Las diferencias con *H forskali* son claras, pues esta especie carece por



**Figura 4.** *Holothuria (Platyperona) sanctori*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

completo de corpúsculos turriformes, aunque presenta los bastones curvados similares a los de *H. (Platyperona) sanctori*. Otras diferencias son la coloración parduzca y los túbulos de Cuvier, menos desarrollados que en *H. forskali*. Constituye un primer registro para la costa norte de España.

*Material examinado.* Playa de la Laja (Gran Canaria), 1 ejemplar; Mazarrón (Murcia), 1 ejemplar; Playa de los Chalanos (Muros de Nalón, Asturias), 1 ejemplar; Aramar (Luanco, Asturias), 1 ejemplar.

### *Holothuria mammata* Grube, 1840

*Diagnosis.* Cuerpo alargado y cilíndrico, con gruesos mamelones dorsales de hasta 7-8 mm en 5-6 series irregulares longitudinales del cuerpo que terminan en una papila delgada, que da nombre a la especie; cara ventral con pedicelos poco numerosos y esparcidos; con túbulos de Cuvier; tegumento con bastones perforados, discos perforados, pequeños corpúsculos turriformes, también grandes placas perforadas circulares en pedicelos ventrales y papilas dorsales (Figura 5).

*Observaciones.* Especie de moderado tamaño, el ejemplar estudiado mide 11 cm de longitud en contracción. Coloración pardo-rojiza oscura y algo más clara en el trívium (Koehler, 1921); ejemplar parcialmente decolorado debido a la fijación en alcohol.

*Material examinado.* Un ejemplar de la playa Caleta Funda en Isla Sal (Cabo Verde).

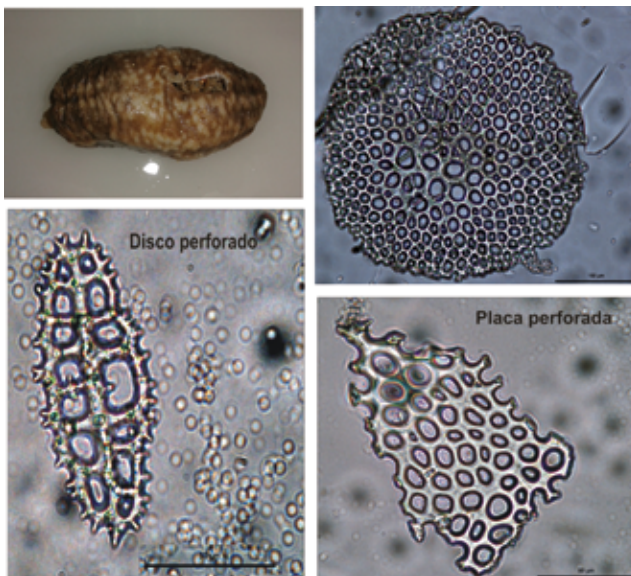


Figura 5. *Holothuria mammata*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

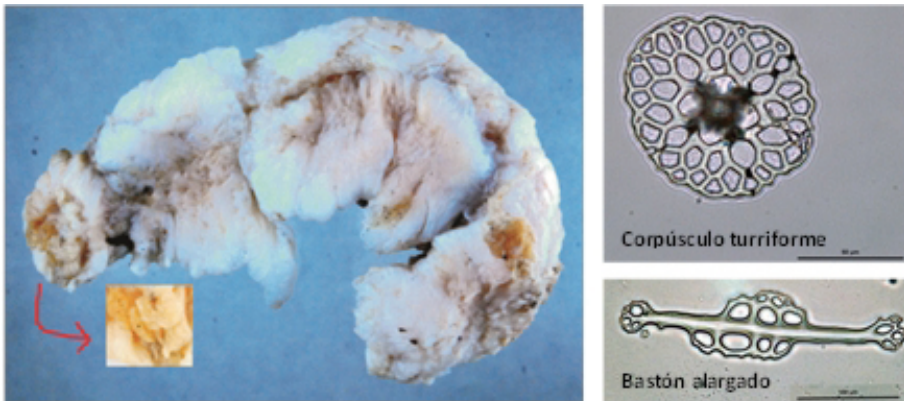
## Familia Stichopodidae Haeckel, 1896

### *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817)

**Diagnosis.** Cuerpo alargado, aplanado dorso-ventralmente, márgenes con gruesas papilas a todo lo largo; papilas dorsales cónicas con la punta blanca; pedicelos ventrales dispuestos en tres hileras; boca en posición ventral con 20 tentáculos rodeados por ampollas tentaculares en su base; escleritos escasos, corpúsculos turriformes con bases amplias perforadas, bastones alargados rectos o curvos con extremos ensanchados perforados (Figura 6).

**Observaciones.** La familia Stichopodidae a la que pertenece esta especie se diferencia de la familia Holothuridae de las especies precedentes por tener dos fascículos gonadales a los lados del mesenterio dorsal y carecer de túbulos de Cuvier (Tortonese, 1965). Tiene color amarillo parduzco con manchas blancas por la parte dorsal, y en la parte ventral presenta una fina línea rosa a lo largo, característico de la especie (Míguez-Rodríguez, 2009). Los ejemplares fijados sufren un gran deterioro perdiendo consistencia, como hemos comprobado en nuestro material.

**Material examinado.** Estación B5 COCACE (43.73° N, 5.98° W), 121 m obtenido con una draga tipo ancla (3 de Junio 1987), un ejemplar.



**Figura 6.** *Parastichopus regalis*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

## Orden Apodida Brandt, 1835

### Familia Synaptidae Burmeister, 1837

### *Labidoplax thomsoni* (Herapath, 1865)

**Diagnosis.** Cuerpo alargado y cilíndrico de aspecto vermiforme; boca terminal con 12 tentáculos con 4 digitaciones laterales en el mismo plano; pies ambulacrales ausentes; escleritos escasos, frágiles y distintos según la región corporal; anclas de longitud y anchura parecidas, con



Figura 7. *Labidoplax thomsoni*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

extremo apical tuberoso y brazos perpendiculares al eje, con espinas en la cara exterior; placas ancorales de la parte anterior más densas, con dientes y trabéculas muy apretadas e irregulares cubriendo los poros subyacentes; placas perforadas de región media y posterior con perforaciones mayores a medida que se avanza hacia atrás (Figura 7); coloración blanco, rosada.

*Observaciones.* Especie frecuentemente confundida con *Oestergrenia digitata* por tener las mismas características externas, pero difiriendo en los escleritos. Longitud en contracción: 10 cm. Es una especie excavadora. Como característica del orden Apodida al que pertenece, carece de árboles respiratorios. Tiene una distribución mediterránea (Tortonese, 1965), y está citada en Arcachon en el Golfo de Vizcaya (Koehler, 1921) y en Galicia (Besteiro & Urgorri, 1988; Míguez-Rodríguez, 2009).

*Material examinado.* El Puntal (Ría de Villaviciosa, Asturias) 10 ejemplares; la Ermita (Ría de Villaviciosa, Asturias) 3 ejemplares; Arcachon (Francia) 37 ejemplares.

### *Oestergrenia digitata* (Montagu, 1815)

*Diagnosis.* Cuerpo alargado, cilíndrico y vermiforme; boca terminal con 12 tentáculos con dos pares de pinnulas laterales; pies ambulacrales ausentes; tegumento fino, casi traslúcido; escleritos escasos y frágiles; anclas gigantes características de la especie, más escasas que las anclas

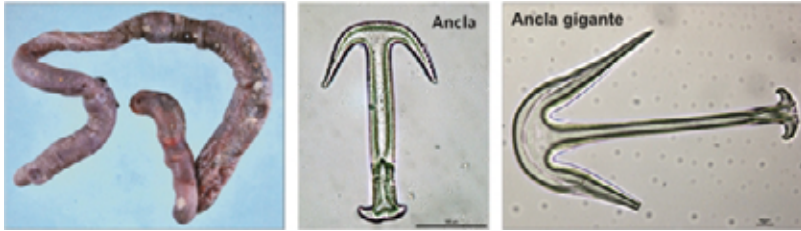


Figura 8. *Oestergrenia digitata* (Morfología externa y cuerpos calcáreos).

de menor tamaño; ambas más largas que anchas, sin extremo apical tuberoso y sus brazos forman un ángulo agudo con el eje longitudinal (Figura 8); placas ancorales con forma de raqueta, totalmente perforadas.

*Observaciones.* Carecen de placas ancorales densas, propias de *L. thomsoni*. Su longitud es mucho mayor que la de *La. thomsoni*, pues llega a medir 30 cm de longitud y 8-9 mm de diámetro (Koehler, 1921). Carece de árboles respiratorios. Es una especie excavadora litoral con distribución atlántica y mediterránea (Míguez-Rodríguez, 2009). Coloración dorsal rojiza oscura, ventral más clara.

*Material examinado.* El Puntal (Ría de Villaviciosa, Asturias) 3 ejemplares.

### *Leptosynapta inhaerens* (O.F. Müller, 1776)

*Diagnosis.* Cuerpo alargado y cilíndrico; boca terminal con 12 tentáculos orales, cada uno con 5-7 pares de pínulas y una terminal mayor que las demás; carecen de pies ambulacrales; corpúsculos calcáreos compuestos por anclas y placas ancorales; anclas grandes, con brazos con espinas en su cara externa y el extremo apical del eje redondeado; placas ancorales elípticas, con el extremo apical ligeramente apuntado, y con 6-7 grandes perforaciones de bordes internos espinosos y otras de tamaño menor en la zona basal (Figura 9).

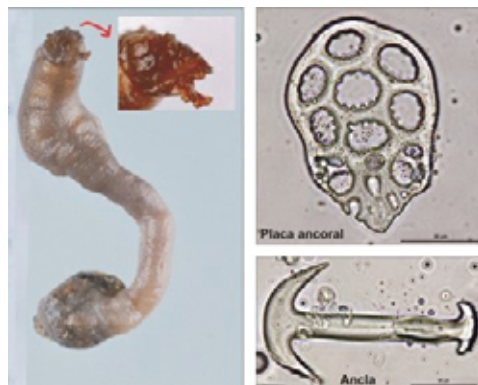


Figura 9. *Leptosynapta inhaerens*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.



*Observaciones.* Longitud entre 10 y 30 cm (Mortensen, 1927). Coloración rosada (Koehler, 1921).

*Material examinado.* Estación A3 COCACE (43.59° N, 6.08° W), 60 m obtenido con una draga tipo ancla (1 de Junio 1987), un ejemplar.

### *Leptosynapta galliennii* (Herapath, 1865)

*Diagnosis.* Cuerpo cilíndrico, vermiforme; boca terminal con 12 tentáculos con 8 pinnulas laterales cada uno; carecen de pies ambulacrales; los corpúsculos calcáreos son anclas y placas ancorales; anclas grandes o gigantes con brazos largos y bordes dentados, extremo apical del eje redondeado; placas ancorales ovoides, con hasta 25 perforaciones de tamaño parecido y el borde externo espinoso (Figura 10).

*Observaciones.* Especie conocida de las costas atlánticas europeas. *In vivo*, se puede distinguir de *L. inhaerens* porque se adhiere fuertemente a los dedos, al tener las placas ancorales con los bordes dentados (Koehler, 1921). Otra diferencia se encuentra en las placas ancorales, menos apuntadas en los extremos que las de *L. inhaerens*. Con tegumento fino y traslúcido, rosa pálido o rojo, con puntos blancos. Mide entre 15 y 30 cm de longitud (Míguez-Rodríguez, 2009).

*Material examinado.* El Puntal (Ría de Villaviciosa, Asturias), un ejemplar.

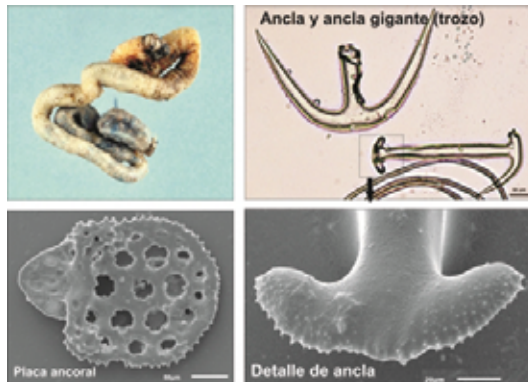


Figura 10. *Leptosynapta galliennii*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

## Orden Dendrochirotida Grube, 1840

### Familia Cucumariidae Ludwig, 1894

#### *Aslia lefevrii* (Barrois, 1882)

*Diagnosis.* Cuerpo fusiforme, boca terminal; diez tentáculos orales ramificados, los dos ventrales menos desarrollados; pies ambulacrales bien desarrollados, sobre todo en el trívium, formando dos filas sobre los cinco radios; cuerpos calcáreos muy abundantes, compuestos de

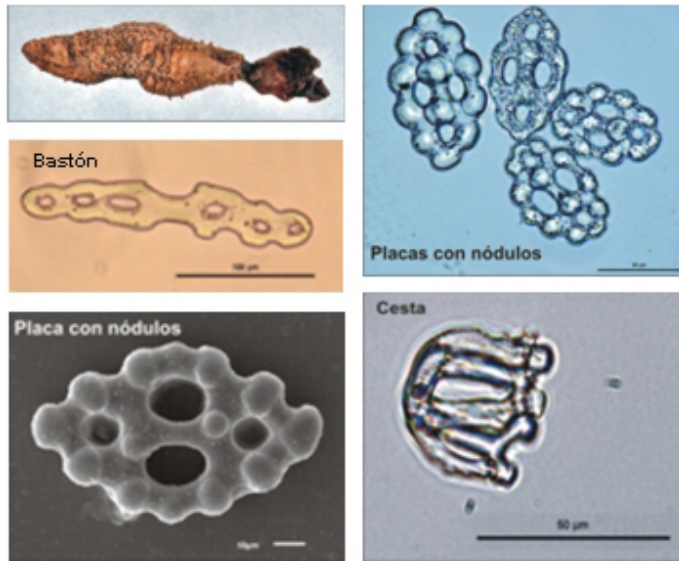


Figura 11. *Aslia lefevrii*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

placas perforadas con nódulos -4 perforaciones-, placas perforadas sin nódulos, bastones, y en menor número, cestas (Figura 11); tegumento grueso, coriáceo.

*Observaciones* Color marrón claro, más oscuro en la zona oral y tentáculos. Tienen un tamaño mediano, entre 6-10 cm, y alguno puede alcanzar los 15 cm de longitud, siendo menores los ejemplares de litoral (Míguez-Rodríguez, 2009). Los ejemplares del muelle de Bayona estaban asociados y adheridos al ascidiáceo *Phallusia mammillata*.

*Material examinado.* Muelle de Bayona (Ría de Vigo, Galicia) 122 ejemplares y Playa de Lobadiz (Ferrol, Galicia) 1 ejemplar.

### *Pseudocnus dubiosus koellikeri* (Semper, 1868)

*Diagnosis.* Cuerpo ligeramente fusiforme, boca y ano terminales; pedicelos abundantes dispuestos en dos filas en cada radio; escleritos consisten principalmente en grandes placas perforadas con nódulos y perforaciones de dimensiones variables; entre las placas con nódulos algunas tienen una prolongación terminal muy característica de la especie; bastones especialmente abundantes en los tentáculos orales y rosetas podiales (Figura 12).

*Observaciones.* Color en vivo marrón, amarillento en la parte ventral. El color desaparece parcialmente en el animal fijado, siendo amarillo casi uniforme (Koehler, 1921).

*Material examinado.* Bahía de Bayona (Ría de Vigo, Galicia), 12 ejemplares dragados a poca profundidad (7-8 m) frente al Castillo de Monterreal, sobre el alga *Cystoseira* sp.

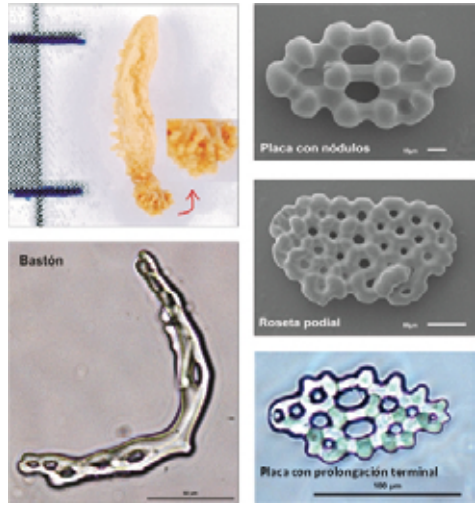


Figura 12. *Pseudocnus dubiosus koellikeri*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

### Familia Psolidae Burmeister, 1837

#### Psolidae sp. (En revisión)

Ejemplar con cuerpo aplanado, extremos no muy prominentes. Tentáculos orales ramificados. Suela ventral ancha y ovalada, separada de la parte dorsal por un borde ondulado. Pedicelos dispuestos en una doble fila en los radios ventrolaterales. Parte dorsal cubierta por grandes

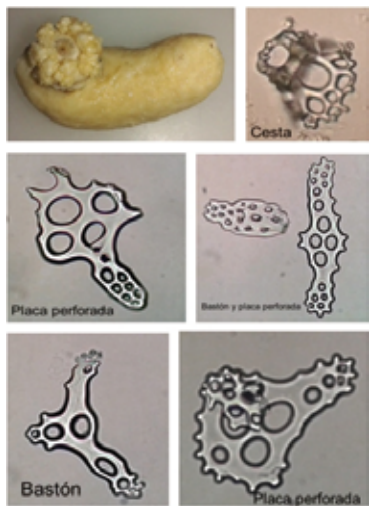


Figura 13. *Psolidae* sp. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

placas con numerosos pies ambulacrales entre ellas; escleritos de la suela consistentes en pequeñas placas lisas (Figura 13).

*Observaciones.* Color blanco amarillento, algo más claro en los tentáculos; los ejemplares estudiados miden entre 2 y 3,5 cm. Los caracteres observados aún no son suficientes para asignar el ejemplar a un género concreto.

*Material examinado.* Playa de la Laja (Gran Canaria), 5 ejemplares.

## Orden Molpadida Haeckel, 1896

### Familia Molpadiidae Müller, 1850

#### *Molpadia blakei* (Théel, 1886)

*Diagnosis.* Cuerpo ovoide, sin pedicelos, con una cola estrecha en extremo posterior; boca terminal rodeada de 15 tentáculos, ano también terminal. Órganos arborescentes; gónadas a ambos lados del mesenterio dorsal. Los escleritos son placas, trilobuladas, penta o hexalobuladas, con una torre central formada por tres columnas, rematada por tres o hasta doce ganchos que apuntan hacia abajo (Figura 14).

*Observaciones.* El ejemplar estudiado mide 1 cm. Color marrón *in vivo*, los radios un poco más oscuros que el resto del cuerpo y blanco-grisáceo tras la fijación en alcohol (Míguez-Rodríguez, 2009).

*Material examinado.* Estación I4 COCACE (43.91°N, 5.90°W), 720 m, obtenido con una draga tipo epibéntica (26 de Febrero de 1987), un ejemplar.

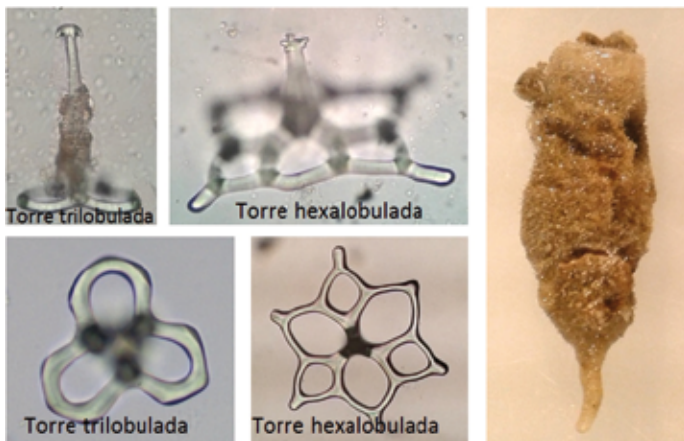


Figura 14. *Molpadia blakei*. Morfología externa y cuerpos calcáreos.

## 4. Discusión y conclusiones

Aunque los holoturoideos pueden ser fácilmente encontrados en la zona intermareal de la costa de Asturias, no existen estudios hasta ahora que cataloguen esa biodiversidad. Esto se debe fundamentalmente a que la identificación de géneros y especies depende casi enteramente de la forma y combinación de los escleritos calcáreos de la pared del cuerpo y los pedicelos (Pérez-Rufaza & Marcos-Diego, 1985). Por otro lado, en el momento actual de cambio global y pérdida de biodiversidad, resulta necesaria la identificación, recuperación y difusión de los fondos depositados en las colecciones biológicas desde hace varias decenas de años, con el fin de dar una visión más completa del patrimonio natural.

Se han identificado 236 ejemplares de la Colección BOS y 14 especies, pertenecientes a cuatro órdenes de la Clase Holoturoideos: Aspidochirotida, Dendrochirotida, Apodida y Molpadida, fundamentalmente provenientes de la zona litoral de la costa de Asturias, pero también alguno de plataforma y talud continental. Además se incluye otro material depositado en la colección procedente de otras áreas.

En la Tabla 1 se puede ver la abundancia de las distintas especies identificadas en las diferentes localidades o estaciones, con los datos de profundidad. Así, la especie más frecuentemente encontrada en sustrato rocoso en el litoral de la costa de Asturias es *Holothuria tubulosa*, que suele aparecer entre piedras y grietas de rocas; por otro lado, en sustrato areno fangoso, la especie más abundante es *Labidoplax thomsoni*.

Entre las especies identificadas en la costa de Asturias se debe destacar dos ejemplares de *Holothuria (Platyperona) sanctori* recolectadas en dos localidades; esta especie es desconocida para las costas de Galicia (Besteiro & Urgorri, 1988; Míguez-Rodríguez, 2009). Sin embargo, hay registro en la parte más oriental del Golfo de Vizcaya -Arcachon y San Juan de Luz- (Koehler, 1921), que como señala Fisher-Piette (1963), se caracteriza por su meridionalización, alcanzando en Agosto temperaturas del agua en superficie de 22°, similares a las que se encuentran en costas de Marruecos y Mediterráneo. La presencia de esta especie de afinidades meridionales en aguas de Asturias podría considerarse como un indicio más de los cambios producidos por el calentamiento en el sur del Golfo de Vizcaya.

De los resultados también se puede resaltar la coexistencia de tres especies de apódidos que habitan en galerías en sustrato areno-fangoso en la Ría de Villaviciosa, *Labidoplax thomsoni*, *Oestergrenia digitata* y *Leptosynapta galliennii*, pudiendo señalar que es mucho más abundante *L. thomsoni*, considerada una especie de afinidades mediterráneas, aunque está registrada para Arcachon y Concarneau (Koehler, 1921). Otra especie identificada y considerada como rara por Koehler (1921), *Pseudocnus dubiosus koellikeri* (= *Cucumaria koellikeri*), de distribución mediterránea y del atlántico oriental -Portugal, Mauritania y Senegal- (Tortonese, 1965), se ha encontrado en la Bahía de Bayona (Ría de Vigo) a poca profundidad, no citada anteriormente para Galicia constituye pues una primera cita para las costas atlánticas españolas.

LOCALIDADES: PROFUNDIDAD (m):	Arcachon 0-3 interm.	El Puntal 0-3 interm.	La Ermita 0-3 interm.	El Rinconin 0-3 interm.	Puerto Góñon 0-3 interm.	Aramar 0-3 interm.	Los Chalanos 0-3 interm.	I4 COCACE 700-900 Epibent.	B5 COCACE 121 Ancla	A3 COCACE 60 Ancla	Vert. Tapia 90	Lobadiz 0-3 interm.	Bayona 03-ago	La Laja 0-3 interm.	Sal Caleta Funda 0-3 interm.	Mazarón 0-3 interm.
<i>H. tubulosa</i>	1			12		13										
<i>H. forskali</i>				2	2	1										
<i>H. sanctori</i>						1	1							1		1
<i>H. mammata</i>															1	
<i>P. regalis</i>									1							
<i>P. sp.</i>											1					
Apodida																
<i>L. thomsoni</i>	10	37	3													
<i>O. digitata</i>		3														
<i>L. inhaerens</i>										1						
<i>L. galliernii</i>																
<i>A. lefevri</i>												1	121			
<i>Ps. dubiosus koellikeri</i>													12			
<i>Psolidae sp.</i>																5
<i>M. blekei</i>								1								

Tabla 1. Especies de holoturias en cada localidad muestreada.

## 5. Agradecimientos

Queremos agradecer a Pablo Heres Gozalbes por la desinteresada colaboración en la realización de microfotografías de escleritos, así como a María Eugenia Manjón-Cabeza por los comentarios y orientación sobre dos especies. También a Daniel González y Florencio González del Centro Oceanográfico de Gijón, por la enseñanza de técnicas y realización de macrofotografías de los ejemplares respectivamente. Asimismo, queremos agradecer a Luis Ángel Suárez y Ángel Luengo, por su valiosa colaboración y apoyo informático necesarios para realizar este trabajo. Igualmente al Acuario de Gijón por la donación de un ejemplar de *Holothuria forskali*, recolectado en la zona sublitoral.

## 6. Referencias

- Besteiro, C. & Urgorri, V.** (1988) *Inventario dos Equinodermos de Galicia (Echiinodermata)*. Cadernos da Área de Ciencias biolóxicas, (Inventarios). Seminario de Estudos Galegos, Vol I A. Coruña, 51 pp.
- Cherbonnier, G.** (1969). Echinodermes recortes par la "Thalassa" aularge des cotes ouest de Bretagne et du golfe de Gascogne. (3-12 aout 1967). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 2<sup>e</sup> serie, XLI, 1: 343-361.
- Fisher-Piette, E.** (1963). La distribution des principaux organismes intercotidiaux Nord-Ibériques en 1954-1955. *Ann. Inst. Oceanogr.* (Paris) T. XL, Fasc.3: 165-311.
- Hoz, JJ de la. & García, L.** (1991). Nuevas citas de Equinodermos en zonas profundas del Mar Cantábrico recogidas durante la campaña CAP-89. *Thalassas*, 9: 133-137.
- Koehler, R.** (1921). Échinodermes. In: *Faune de France*. vol. 1. Librairie de la Faculte des Sciences. Lechevalier (ed.). Paris. 210 pp.
- López-Ibor, A.** (1987). Equinodermos de Asturias: Expedición «Cantábrico 83». *Misc. Zool.*, 11: 201-210.
- Louzao, M, Anadón, N., Arrontes, J., Álvarez-Claudio, C., Fuente, D.M., Ocharan, F., Anadón, A. & Acuña, J.L.** (2010) Historical macrobenthic community assemblages in the Avilés Canyon, N Iberian. Shelf: Baseline biodiversity information for a marine protected area. *Journal of Marine Systems* 80 (2010) 47–56.
- Manjón-Cabeza, M.E; Palma-Sevilla, N.; Gómez-Delgado, A.I., Andriño-Abelaira, J. & Ríos, P.** (2014) Los equinodermos de sistema de cañones de Avilés (resultados preliminares) golfo de Vizcaya) (Proyecto INDEMARES LIFE+). In: Ríos, P, Suárez, L.A. & Cristobal, J. (Eds) *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*. Libro de Resúmenes, p.173.
- Míguez-Rodríguez, L.J.** (2009). *Equinodermos (Cinoideos, Equinoideos y Holothuroideos), litorales, batiales y abisales de Galicia*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 882 pp.
- Monteiro, V.** (1980). Echinodermes recueillis pendant la Mission "Hespérides 76" du N/O Jean Charcot. *Arq. Mus. Bocage*, 2<sup>e</sup> série, 7 (7): 95-108.
- Mortensen, T.** (1927). *Handbook of the Echinoderms of the British Isles*. Humphrey Milford. Oxford Univ. Press. Londres. 471 pp.
- Pérez-Ruzafa, A. & Marcos Diego, C.** (1985) Técnicas de recolección y estudio en la *Clase Holothuroidea*. I. Generalidades, Sistemática, Ecología, Biología y Comportamiento. *Anales de Biología* 3 (Biología Animal) Universidad de Murcia: 13-35.
- Tortonese, E.** (1965). Echinodermata. *Fauna d'Italia*. vol. IV. Calderini. Bologna. 186 pp.
- WoRMS (2015)**. World Register of Marine Species [http://marinespecies.org – consultado en Febrero 2015].

## Artículo 5. Invertebrados de afinidad subtropical en descartes de la flota marisquera del mar de Alborán

### *Article 5. Invertebrates of subtropical affinity in discards of the shellfishing fleet of the Alborán Sea*

Gallardo Roldán, H.<sup>1</sup>; Urra, J.<sup>2</sup>; Lozano, M.<sup>2</sup>; León, E.<sup>1</sup>; Antit, M.<sup>3</sup>; Gallardo-Núñez, M.<sup>2</sup>; Baro, J.<sup>2</sup>; Rueda, J. L.<sup>2\*</sup>; García, T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos, Universidad de Cádiz, Polígono Río San Pedro 11510 Puerto Real, Cádiz, España.

<sup>2\*</sup> Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero s/n, 29640 Fuengirola, España, jose.rueda@ieo.es

<sup>3</sup> Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Tunis El Manar, 2092 Tunis, Tunisia.



## Resumen

La composición y estructura del descarte asociado a la pesquería artesanal con dragas mecanizadas dirigida a moluscos bivalvos ha sido analizada en la costa norte del mar de Alborán (Mediterráneo occidental). Se han identificado 93 especies, de las cuales ocho presentan un rango de distribución por África noroccidental y puntos concretos del sur de la Península, incluyendo al decápodo *Albunea carabus* (Linnaeus, 1758), al asteroideo *Luidia atlantidea* Madsen, 1950, y a los gasterópodos *Mesalia mesal* (Deshayes, 1843), *Bivetiella cancellata* (Linnaeus, 1767), *Cymbium olla* (Linnaeus, 1758), *Tectonatica sagraiana* (d'Orbigny, 1842), *Natica vittata* (Gmelin, 1791) y *Sinum bifasciatum* (Récluz, 1851). Los posibles mecanismos de entrada estarían relacionados con la dinámica oceánica, el calentamiento global o la pasada actividad pesquera en África. La presencia de especies subtropicales en el mar de Alborán le confiere una singularidad única, y remarca su importancia para la biodiversidad marina en el contexto mediterráneo y europeo.

**Palabras clave:** biodiversidad, comunidades bentónicas, descartes, especies subtropicales, mar de Alborán.

## Abstract

*The discard composition and structure was analyzed in artisanal dredge fisheries targeting bivalves in the northern Alboran Sea (W Mediterranean). A total of 93 species were identified, from which eight displayed a northwestern African-southern Iberian Peninsula distributional range, including the decapod *Albunea carabus* (Linnaeus, 1758), the asteroid *Luidia atlantidea* Madsen, 1950, and the gastropods *Mesalia mesal* (Deshayes, 1843), *Bivetiella cancellata* (Linnaeus, 1767), *Cymbium olla* (Linnaeus, 1758), *Tectonatica sagraiana* (d'Orbigny, 1842), *Natica vittata* (Gmelin, 1791) and *Sinum bifasciatum* (Récluz, 1851). The presence of these species would be linked with ocean dynamics, global warming or past fishing activities in Africa. The Alboran Sea is highlighted for its singularity and importance to preserve this unique European biodiversity heritage.*

**Keywords:** biodiversity, benthic communities, discards, subtropical species, Alboran Sea.

## 1. Introducción

Los descartes (i.e. materia orgánica de origen animal en la captura que es devuelta al mar) representan una gran proporción de las capturas mundiales, siendo considerado de importancia en la gestión de las pesquerías (Kelleher 2005; Catchpole & Gray 2010). Su estudio se contempla en las nuevas directivas europeas sobre gestión pesquera (Directivas CE 2008/56, 1380/2013), donde además se consideran los efectos e interacciones de las pesquerías con los hábitats marinos, con el objetivo de mantener el ecosistema sano y productivo (i.e. Enfoque Ecosistémico de Pesquerías; García *et al.* 2003). El estudio del descarte permite conocer aquellas especies que viven en la comunidad que alberga los recursos pesqueros, pudiendo en ocasiones presentar especies singulares/raras y ampliar el conocimiento en su ecología, distribución biogeográfica y su sensibilidad a las actividades pesqueras.

La cuenca norte del mar de Alborán presenta una gran actividad pesquera debido a la gran diversidad de recursos marinos existente (Camiñas *et al.* 2004). Ésta a su vez está promovida en parte por una elevada producción primaria fruto de los afloramientos de aguas profundas ricas en nutrientes (Sarhan *et al.* 2000; Vargas-Yañez *et al.* 2010). Además, el mar de Alborán representa un punto caliente de biodiversidad marina en el contexto europeo, debido a la confluencia de fauna con distinto origen biogeográfico (García Raso *et al.* 2010), constituyendo una zona de especial interés biológico y ecológico.

El estudio del descarte de pesquerías artesanales dirigidas a moluscos bivalvos en el mar de Alborán, encuadrado en el proyecto “Estudio integral en zonas de protección pesquera y marisquera y otras áreas marinas protegidas del litoral andaluz: Estudio previo para la protección, ordenación y determinación de reservas marisqueras en el litoral mediterráneo de Andalucía”, ha permitido confirmar la presencia de especies de afinidad subtropical en aguas mediterráneas. Para algunas especies estas poblaciones del mar de Alborán representan las únicas de las costas europeas, las cuales no habían sido previamente documentadas.

## 2. Material y métodos

El estudio se ha desarrollado en el litoral mediterráneo andaluz, fundamentalmente en los caladeros habituales de las embarcaciones que emplean dragas mecanizadas con base en los puertos de Fuengirola y Caleta de Vélez en la provincia de Málaga y la Línea de la Concepción en Cádiz (Figura 1). Estos caladeros se encuentran a profundidades entre 1 y 15 m en hábitats sedimentarios, concretamente dentro de “Arenas finas infralitorales bien calibradas” del Inventario Español de Hábitats Marinos (Templado *et al.* 2013) e incluido en la Directiva Hábitat (Hábitat 1110). La zona de estudio presenta una confluencia de masas de agua, siendo notable la influencia de la corriente de agua atlántica superficial que entra por el estrecho de Gibraltar (Parrilla & Kinder 1987).

Las muestras de descarte (~5 Kg) se recolectaron por observadores a bordo de seis embarcaciones artesanales provistas de dragas mecanizadas similares y dirigidas a la pesca de la coquina *Donax trunculus* Linnaeus, 1758, la chirla *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) y la concha fina



**Figura 1.** Localización de los lances de pesca realizados (círculos grises) en el caladero de la Atunara (frente a La Línea de la Concepción), de Fuengirola y de la Caleta de Vélez. *Location of hauls (grey circles) carried out in fishing grounds off La Línea de la Concepción, Fuengirola and Caleta de Vélez.*

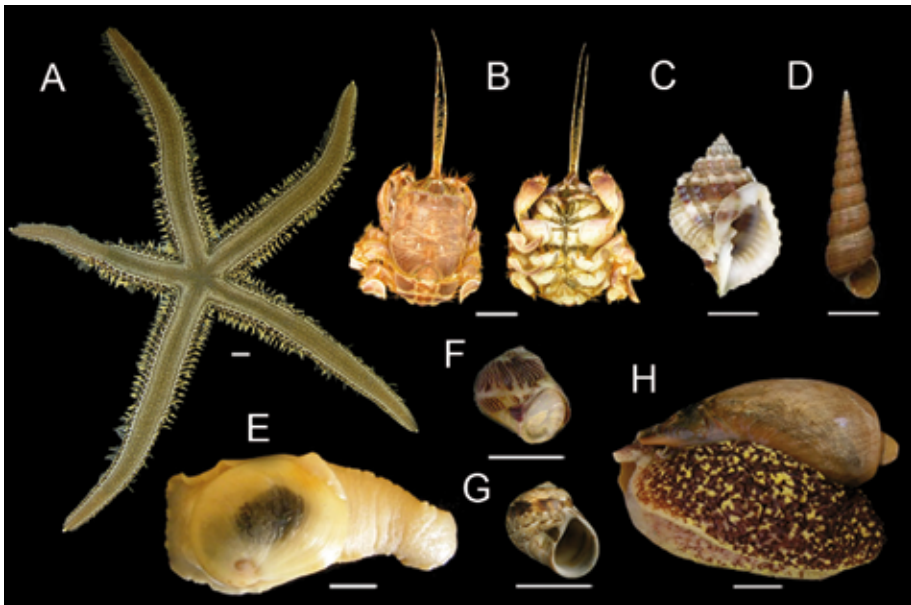
*Callista chione* (Linnaeus, 1758), en 143 lances comerciales realizados entre febrero y julio de 2013. En el laboratorio, la fauna de cada muestra se separó e identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible, cuantificándose su abundancia y biomasa, y evaluándose el daño causado por la actividad pesquera.

### 3. Resultados

Tras el análisis de las 143 muestras se identificaron 93 especies (sin incluir poliquetos y pagúridos), registrándose un grupo de especies con una distribución principalmente en costas de África noroccidental (afinidad subtropical), incluyendo un crustáceo, un equinodermo y seis moluscos (Figura 2). Estas especies han sido:

(1) *Albunea carabus* (Linnaeus, 1758) (Arthropoda: Decapoda): Se capturaron 23 ejemplares (1-2 ej. por muestra con máximo de 6 ej.), con longitudes del cefalotórax entre 11 y 22 mm, siendo la mayoría machos (78%). Este decápodo estuvo presente en el 9% de las muestras y a profundidades entre 1,5 y 5,3 m en los caladeros de Caleta de Vélez y Fuengirola. El 70% de los ejemplares fueron recolectados en lances dirigidos a la chirla, y el resto en los dirigidos a la coquina. El 56% de los ejemplares mostraron daños como la pérdida de algunos apéndices, de ambas pinzas o la rotura del caparazón. (2) *Luidia atlantidea* Madsen, 1950 (Echinodermata: Asteroidea): Se capturaron 31 ejemplares (1-2 ej. por muestra con máximo de 5 ej.), estando presente en el 16% de las muestras. Se recolectó principalmente en Caleta de Vélez (20 ej.) y Fuengirola (11 ej.) a profundidades entre 3,5 y 5,5 m (87% ej.). La mayoría fueron recolectados en lances dirigidos a la chirla (27 ej.), y en menor proporción en los lances dirigidos a la coquina y la concha fina. Se detectó un alto porcentaje (90%) de ejemplares con varios brazos rotos

y daños en el disco central. (3) *Mesalia mesal* (Deshayes, 1843) (Mollusca: Gastropoda): Se capturaron 55 ejemplares (sólo en Fuengirola), en su mayoría en lances dirigidos a la coquina entre 0,9 y 1,4 m de profundidad (54 indiv.). Apareció en el 5% de las muestras analizadas y ningún ejemplar mostró daños. (4) *Bivetiella cancellata* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Gastropoda): Se recolectaron 44 ejemplares exclusivamente en los lances dirigidos a la chirla en Caleta de Vélez (93%) y el resto en los de Fuengirola, a profundidades entre 3,1 y 5,6 m. Esta especie estuvo presente en el 10% de los lances y ningún ejemplar mostró daños. (5) *Cymbium olla* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Gastropoda): Se capturaron 8 ejemplares, seis en lances dirigidos a la concha fina (7,4-10,9 m prof.) y dos en lances dirigidos a la chirla (2,9-3,6 m prof.). Presentó una abundancia baja (máximo de 1-2 ej. por muestra), estando presente en el 5% de las muestras. El 50% de los ejemplares (fundamentalmente de gran tamaño) presentó daño severo (concha parcialmente aplastada). (6) *Tectonatica sagraiana* (d'Orbigny, 1842) (Mollusca: Gastropoda): Se capturaron 4 ejemplares en tres lances dirigidos a la coquina (1,4-1,6 m prof.) y un lance dirigido a la chirla (3,6 m. prof.), principalmente en Caleta de Vélez (75% ej.), mostrando una baja frecuencia de ocurrencia del 3%, y ningún tipo de daño. (7) *Natica vittata* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Gastropoda): Sólo se recolectó un ejemplar en un lance dirigido a la coquina en Caleta de Vélez (1,8 m prof.), el cual no mostró daño alguno. (8) *Sinum bifasciatum* (Récluz, 1851) (Mollusca: Gastropoda): Se capturó un ejemplar intacto en un lance dirigido a la concha fina en la Atunara (7,2 m prof.).



**Figura 2.** Especies subtropicales en descartes de la flota marisquera del mar de Alborán. *Subtropical species in discard samples from shellfish fisheries in the Alboran Sea: (A) Luidia atlantidea (B) Albunea carabus (C) Bivetiella cancellata (D) Mesalia mesal (E) Sinum bifasciatum (F) Tectonatica sagraiana (G) Natica vittata (H) Cymbium olla.* Escala/Scale: 1 cm.

## 4. Discusión

La presencia de especies de afinidad subtropical en descartes de la flota marisquera del mar de Alborán, confirma la singularidad de esta pequeña cuenca mediterránea y remarca su importancia en relación a la biodiversidad en Europa (Rueda *et al.* 2010). Estas especies parecen presentar sus únicas poblaciones mediterráneas en el mar de Alborán (Rueda *et al.* 2009, 2010; Gofas *et al.* 2011; Urra *et al.* 2011), siendo este estudio el primer registro de *L. atlantidea* para las costas europeas y mediterráneas (Clark & Downey 1992). En el caso de *A. carabus*, su presencia en el mar de Alborán confirmaría su continuidad biogeográfica entre las costas africanas y mediterráneas (Pereira *et al.* 2008). Otras de estas especies (e.g. *B. cancellata*, *M. mesal*, *L. atlantidea*) parecen presentar poblaciones estables y abundantes en fondos de arenas finas infralitorales, ya que muestran altos valores de dominancia y frecuencia, como ha sido observado anteriormente por Urra *et al.* (2011).

Las especies con mayor proporción de ejemplares dañados fueron *L. atlantidea* y *A. carabus*, debido a su morfología con apéndices o brazos que son fáciles de perder (Kaiser 1996; Pranovi *et al.* 2001), lo cual les hace ser muy sensibles al impacto de las dragas mecanizadas. La dureza de la concha y el pequeño tamaño de los moluscos encontrados favorecen su resistencia al impacto físico de las dragas, incluso dentro de una misma especie, como fue el caso de *C. olla*, con ejemplares de gran talla generalmente dañados.

La existencia de poblaciones de especies de afinidad subtropical en el norte del mar de Alborán se explicaría por: A) la dinámica oceánica, con un flujo constante de agua superficial atlántica hacia el Mediterráneo que podría transportar larvas, aumentando la probabilidad de establecimiento de especies de afinidad subtropical en hábitats similares a los de origen de esta zona del sur de Europa (Parrilla & Kinder 1987; Rueda *et al.* 2010); B) el calentamiento global, que promovería una colonización de especies de latitudes más bajas (Lejeune *et al.* 2010); y C) la pasada actividad pesquera en África, con barcos que faenaban en las costas noroccidentales africanas y podrían haber promovido una entrada de especies subtropicales a través de los descartes (Ramos *et al.* 2000).

## 5. Agradecimientos

Este estudio se ha desarrollado bajo el convenio de colaboración entre la Junta de Andalucía (España) y el Instituto Español de Oceanografía (IEO) (Contrato 126/2012-SEN). Agradecemos la ayuda prestada a todos los pescadores profesionales que han colaborado con el equipo REMARAN; a la Dra. Carmen Salas y el Dr. Enrique García Raso (Universidad de Málaga) en la identificación de los especímenes; a Blanca Orúe Montaner y Alba Rojas García en el triado de las muestras; a Ana Garrido, Alejandro J. Ibañez Yuste y Alejandro Terrón Sigler (AGAPA-Junta de Andalucía) por la recolección de las muestras faunísticas y su continuo interés.

## 6. Referencias

- Camiñas J.A., Baro J. and Abad R.** (2004) *La pesca en el Mediterráneo andaluz*. Servicio de publicaciones de la Fundación Unicaja, 270 pp.
- Catchpole T.L. and Gray T.S.** (2010) Reducing discards of fish at sea: a review of European pilot projects. *Journal of Environmental Management* 91, 717-723.
- Clark A.M. and Downey M.E.** (1992) *Starfishes of the Atlantic*. London: Chapman & Hall, 794 pp.
- García S.M., Zerbi A., Aliaume C., Do Chi T. and Lasserre G.** (2003) *The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook*. FAO Fisheries Technical Paper No. 443, 71 pp.
- García Raso J.E., Gofas S., Salas C., Manjón-Cabeza E., Urra J., et al.** (2010) *El mar más rico de Europa: Biodiversidad del litoral occidental de Málaga entre Calaburras y Calahonda*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla, 138 pp.
- Gofas S., Moreno D. and Salas C.** (2011) *Moluscos marinos de Andalucía*. Málaga: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Málaga, 798 pp.
- Kaiser M.J.** (1996) Starfish damage as an indicator of trawling intensity. *Marine ecology Progress Series* 134: 303-307.
- Kelleher K.** (2005) *Discards in the world's marine fisheries. An update*. FAO Fisheries Technical Paper No. 470, 131 pp.
- Lejeusne C., Chevaldonné P., Pergent-Martini C., Boudouresque C. and Pérez T.** (2010) Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology and Evolution* 25(4): 250-260.
- Parrilla G. and Kinder T.H.** (1987) Oceanografía física del mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 41, 1: 133-165.
- Pereira A.M., Rufino M.M. and Gaspar M.B.** (2008) First record of *Albunea carabus* (Decapoda, Anomura, Hippidae) from the Algarve coast, South Portugal. *Marine Biology Research* 4, 236-238.
- Pranovi F., Raicevich S., Franceschini G., Torricelli P. and Giovanardi O.** (2001) Discard analysis and damage to non-target species in the "rapido" trawl fisheries. *Marine Biology* 139: 863-875.
- Ramos A., González R., García T., Sobrino I. and Fernández L.** (2000). La crisis en el acceso al caladero marroquí: análisis de la evolución y situación de las pesquerías y recursos de merluzas y crustáceos. *Informe Técnico del Instituto Español de Oceanografía*, 178: 171 pp.
- Rueda J.L. and Gofas S.** (1999) *Sinum bifasciatum* (Récluz, 1851) (Gastropoda: Naticidae) confirmed in Mediterranean fauna. *Journal of Conchology* 36, 6, 81-82.
- Sarhan T., García Lafuente J., Vargas J.M. and Plaza F.** (2000) Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea. *Journal of Marine Systems* 23, 317-331.
- Templado J., Ballesteros E., Galparsoro I., Borja A., Serrano A., Marín L. and Brito A.** (2013) *Guía Interpretativa Inventario Español de Hábitats Marinos - Inventario Español de Hábitats y Especies Marinas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 229 pp.



Artículo 6. Estado actual de *Patella ferruginea* Gmelin, 1791, *Dendropoma cristatum* (Biondi, 1859) y *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) en la ZEC de Aguadú (Melilla)

*Article 6. Current status of Patella ferruginea Gmelin, 1791, Dendropoma cristatum (Biondi, 1859) and Astroides calycularis (Pallas, 1766) in the SAC of Aguadú (Melilla)*

González, J. A.<sup>1\*</sup>; Paredes, P.<sup>2</sup>; Enrique, C.<sup>3</sup>; Calzado, P.<sup>4</sup>; Bueno, I.<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Departamento de Zoología, Universidad de Granada, Campus de Melilla, Av./Santander 1, 52005 Melilla, Spain, jagg@ugr.es

<sup>2</sup> Consejería de Bienestar Social y Sanidad. Ciudad Autónoma de Melilla, Spain

<sup>3</sup> Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Granada, Campus de Melilla, Spain,

<sup>4</sup> Trabajadora Autónoma, Melilla, Spain.



## Resumen

En la ZEC marítimo-terrestre de los Acantilados de Aguadú en Melilla se analiza la situación (mayo 2014), de tres especies protegidas: los gasterópodos *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 y *Dendropoma cristatum* Monterosato, 1884 y el antozoo *Astroides calycularis* Pallas, 1776. De la primera especie, siguiendo las recomendaciones de la “Estrategia de Conservación de la lapa ferrugínea en España”, presentamos su evolución en los últimos cuatro años, donde se manifiesta la buena salud de sus poblaciones. De *Dendropoma cristatum*, presente en forma de poblaciones discretas en la ZEC, son los primeros datos que se aportan sobre la especie en el litoral de Melilla. Y respecto a *Astroides calycularis*, abundante en los cantiles verticales de la ZEC y en la cercana punta de Rostrogordo antes de la construcción en 2005 de la desalinizadora de agua marina, constatamos su práctica extinción.

**Palabras clave:** *ferruginea*, *Dendropoma*, *Astroides*, ZEC, Melilla.

## Abstract

In May of 2014, in the land and sea of the ZEC of Aguadú's cliffs in Melilla, the situation of three protected species is analyzed: the gastropods *Patella ferruginea* Gmelin, 1971, *Dendropoma cristatum* Monterosato, 1884, and the antozoo *Astroides calycularis* Pallas, 1776. From the first species, following the recommendations of the “Conservation Strategy of the ferruginea limpet in Spain”, we present its evolution in the last four years, where the healthy state of their populations are shown. Concerning the *Dendropoma cristatum*, present in a discreet way in the ZEC, they are the first data given about the species in Melilla's coastline. Regarding the *Astroides calycularis*, plentiful on the vertical cliffs of the ZEC as well as on the close point of Rostrogordo before the construction of the seawater desalination plant in 2005, we verify its practical extinction.

**Keywords:** *ferruginea*, *Dendropoma*, *Astroides*, ZEC, Melilla.

## 1. Introducción

El Espacio Natural “Marítimo Terrestre de los Acantilados de Aguadú”, en la Ciudad Autónoma de Melilla, fue incluido en 2003 como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) en la Red Natura 2000 con el código ES6320001. En febrero de 2013, con la aprobación del Plan de Ordenación de Recursos Naturales, fue declarado Zona de Especial Conservación (ZEC). En Melilla la costa acantilada que se extiende desde la Ciudad Vieja hasta la línea fronteriza de Aguadú abarca unos 4 km de litoral donde se concentra una interesante biodiversidad marina a pesar de las múltiples agresiones que ha sufrido en las últimas décadas (carreteras, diques, playas artificiales, incineradora de residuos sólidos, desalinizadora de agua marina...). Los 717 metros finales, los más septentrionales de los acantilados, situados entre la desalinizadora de agua marina y la frontera norte, son los incluidos en la ZEC (35° 18,956' N – 2° 56,847' O hasta 35° 18,949' N – 2° 56,847' O). (Figura 1)

En la zona se identifican varios hábitats recogidos en el Anexo I de la Directiva Hábitat, dos de ellos marinos: 1170 *Arrecifes* y 8330 *Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas*, destacando en ellos la presencia de tres especies con altos estatus de protección: los gasterópodos *Patella ferruginea* y *Dendropoma cristatum* y el antozoo *Astroides calycularis*.

Tres hechos han condicionado el devenir ecológico de este lugar en la última década. Dos que indudablemente hay que considerar negativos, la construcción de la desalinizadora de agua marina que desde que entró en funcionamiento en 2006 vierte directamente la salmuera a pie de cantil y la construcción de una carretera en la parte baja de los acantilados con funciones de vigilancia fronteriza. Durante las obras la línea costera se vio sometida a vertidos tóxicos y



Figura 1. Situación de la ZEC de Aguadú. *The coast of the ZEC of Aguadú.*

a destrucción del hábitat que afectaron en gran medida a la vegetación terrestre y a las comunidades marinas del supra, meso e infralitoral superior. El tercero, una vez acabadas las obras, hay que considerarlo positivo. La prohibición total tanto por tierra como por mar del acceso a un lugar que antes había sido habitual para pescadores de caña y para el buceo recreativo y la pesca submarina, ha producido la recuperación de las poblaciones de *Patella ferruginea* y *Dendropoma cristatum*, que se vieron gravemente afectados.

## 2. Material y métodos

Desde octubre de 2013 a julio de 2014 se han rastreado los 717 m de costa de la ZEC, metro a metro, a pie o mediante una embarcación neumática para el estudio de la franja mesolitoral y los islotes donde habitan *Patella ferruginea* y *Dendropoma cristatum*, y con inmersiones con escafandra autónoma para muestrear el infralitoral que pudiera albergar poblaciones de *Astroides calycularis*. Se realizaron 12 salidas de campo, recogiendo material de las comunidades en las que se integran las tres especies consideradas para su determinación en laboratorio y la realización de fotografía microscópica.

El conjunto de la ZEC, se dividió en 4 tramos con características biotópicas diferenciadas (naturaleza litológica, fisionomía del paisaje costero y submarino y el grado de influencia humana) que facilitan la comprensión global de los resultados. Para *Patella ferruginea* se hicieron mediciones del diámetro de la concha en todos los ejemplares observados para su posterior agrupamiento por tamaños. Además, se han hecho seguimientos de poblaciones de *Patella ferruginea* en estaciones concretas ya muestreadas en años anteriores (2006, 2012) para analizar la dinámica de sus poblaciones y sus características específicas ante determinados factores abióticos (textura, pendiente, exposición al oleaje, grado de iluminación) y ante la presencia de otras especies asociadas.

En el caso de *Dendropoma cristatum* se han tenido en cuenta las características físicas del litoral en cuanto a topografía, exposición al hidrodinamismo, pendiente, presencia de cubetas..., y la abundancia y el grado de desarrollo de las formaciones, siguiendo la propuesta de trabajo de Guallart & Calvo (2006) en las islas Chafarinas. Así, para la variable *presencia* se han clasificado según la escala: 0: ausente, 1: ejemplares aislados, 2: manchas dispersas, 3: banda discontinua, 4: banda continua. Y para el *grado de desarrollo vertical* esta otra: 0: mínimo desarrollo vertical, los individuos no forman abultamientos en el sustrato, 1: desarrollo vertical reducido hasta 5 mm, 2: las masas del vermético forman abultamientos entre 5-15 mm aprox., 3: abultamiento superior a 15 mm.

## 3. Resultados

TRAMO 1.- ACANTILADO CALCÁREO NATURAL. Abarca linealmente los primeros 72 m de la ZEC y es continuación de la punta de Rostrogordo. Está formado por calizas recifales compactas de superficie irregular y rugosa, donde destaca una cornisa o plataforma mesolitoral de pendiente baja, colonizada mayoritariamente por *Ellisolandia elongata* (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013, que se resuelve en su parte alta en una franja más inclinada

con pequeñas cubetas, hábitat natural para *Patella ferruginea*, y en su parte baja en una cornisa organógena seguida de un cantil vertical con facies esciáfilas hasta unos 6 m de profundidad, donde aparece un fondo mixto subhorizontal. *Astroides calycularis* se encontraba aquí, hace una década (González *et al.*, 2005) siendo un hábitat idóneo, apareciendo con altos recubrimientos en las paredes verticales desde 2 ó 3 m de profundidad, y en las oquedades bajo la cornisa mesolitoral desde prácticamente la superficie. Diez años más tarde *Astroides calycularis* está en trance de desaparecer, no sólo de este primer tramo de la ZEC, sino de toda la punta de Rostrogordo, afectada por el funcionamiento de la desalinizadora. Sólo se han observado pequeñas colonias, la mayor de unos 400 cm<sup>2</sup>, en facies esciáfilas a partir de 5 m de profundidad y alejadas del cantil vertical al menos 20 ó 30 m. *Patella ferruginea* no parece haberse visto afectada, conservando prácticamente las poblaciones anteriores a las obras, con un número total de ejemplares de 384, una densidad, 5,33 ejemplares por metro lineal, y una distribución de tallas que se acercan al ideal para que sean consideradas poblaciones reproductivas. *Dendropoma cristatum* está presente, aunque en manchas dispersas (2) y de desarrollo vertical reducido (1), colonizando plataformas y cubetillas subhorizontales ligeramente encharcadas.

TRAMO 2.- ESCOLLERA ARTIFICIAL. 245 m formados por una escollera artificial que protege la pista con funciones de vigilancia fronteriza construida entre 2005 y 2006. Entre esos bloques, mayoritariamente basálticos, (137 bloques heterogéneos en primera línea de costa de diámetros comprendidos entre 0,5 y 2 m), se intercalan otros de naturaleza calcárea e islotes restos de la plataforma de abrasión preexistente. En las zonas centrales de esta escollera se vierten productos industriales de la cercana desalinizadora y efluvios diversos del cuartel militar que ocupa la parte superior del acantilado. Son unos 60 m donde la contaminación es evidente, con ausencia total de *Patella ferruginea* y una comunidad algal bioindicadora: *Porphyra umbilicalis* Kützting, 1843, *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link 1833, *Ulva rígida* C. Agardh, 1823, *Enteromorpha* spp., especies incluidas en grupos ecológicos tionitrófilos o portuarios según la propuesta de Bouderesque (1984). Estas especies ponen de manifiesto la rápida dilución de los productos contaminantes, las altísimas densidades de ferrugíneas, 240 ejemplares en un total de 31 m reales de los 5 islotes calcáreos situados sólo a 15 m como máximo del litoral contaminado. Y también la presencia, aunque en poblaciones dispersas (2) y de desarrollo vertical reducido (1), de *Dendropoma cristatum*. De estos islotes es representativo el que denominamos isla Plana (5 m), con 139 ejemplares de *Patella ferruginea* en una ancha franja mesolitoral de casi 2 m. Considerando el total del tramo (245 m), se han observado y medido 648 ejemplares de *Patella ferruginea*, con una densidad media de 2,8 ej./m.

TRAMO 3.- BLOQUES E ISLOTES CALCÁREOS NATURALES. Más de 300, de menos de 1 a 8,5 m de diámetro, ocupan el siguiente tramo de 270 m lineales hacia el norte. Aquí la polución ha dejado de hacer su efecto. Es en algunos de estos bloques e islotes, con su cara superior baja, de amplio mesolitoral, poca pendiente y un sustrato con la textura y amplitud idóneas, donde encontramos las poblaciones más importantes de *Patella ferruginea* (3128 ejemplares, con densidad 9,48 ej./m). Además se concentran, en al menos 126 rocas, las mejores agrupamientos de *Dendropoma cristatum*, en manchas dispersas (2) o pequeñas bandas continuas (3) y grado de desarrollo vertical mínimo (1) o medio (2), que ocupan preferentemente sustratos subhorizontales con alto grado de hidrodinamismo y presencia de cubetillas, donde esta especie parece actuar de coadyuvante, en el límite superior de su franja de distribución, para el reclutamiento de larvas de *Patella ferruginea*.

En este tramo se sitúa un islote (la Meseta) con características semejantes a la isla Plana del tramo 2 que, igualmente, concentra los parámetros considerados ideales para el reclutamiento y desarrollo de *Patella ferruginea* y *Dendropoma cristatum*: ligera inclinación y textura rugosa adecuada, presencia de ondulaciones con cubetillas de escasa profundidad, orientación idónea y libres de contaminación. En ella hemos comprobado el aumento espectacular de las poblaciones de ambas especies respecto a las observaciones de 2005, coincidiendo con las obras de construcción de la pista de vigilancia fronteriza, y el mantenimiento que en el último año han experimentado. En concreto, *Patella ferruginea*, muy escasa en 2005 (González *et al.*, 2006), sólo 7 ejemplares de gran tamaño, ha pasado a 68 en mayo de 2013 y 73 en febrero de 2014, con una distribución gaussiana de tallas. Lo mismo se puede decir de *Dendropoma cristatum*, inexistente en 2005 y actualmente formando las mejores poblaciones, con bandas continuas de espesor entre 5 y 15 mm. (Figura 2).

TRAMO 4.- PLAYAZO DE CANTOS RODADOS SALPICADO DE ISLOTES CALCÁREOS. Ocupa la parte más septentrional de la ZEC. Son 130 m, hasta la frontera con Marruecos, ocupado por gruesos cantos rodados de 60 cm de tamaño medio entremezclados con fragmentos calcáreos, de mayor tamaño (hasta 2 ó 3 m) producto del derrubio de las partes medias y altas del acantilado. *Dendropoma cristatum* desaparece y *Patella ferruginea* se concentra en la roca calcárea (63 ejemplares). Termina el tramo, con nuevos signos de degradación, en un dique artificial de 20 m que se adentra en el mar y que actúa de barrera para el acúmulo de productos de arribazón, fundamentalmente algas infralitorales. (Figura 3).

#### 4. Discusión

*Patella ferruginea*. Los resultados obtenidos por el muestreo total, de los 717 m de la ZEC en los seis primeros meses de 2014 ratifican y ponen en evidencia la buena salud de la especie desde que finalizaron las obras de la desalinizadora y la carretera antiinmigración, que causa-

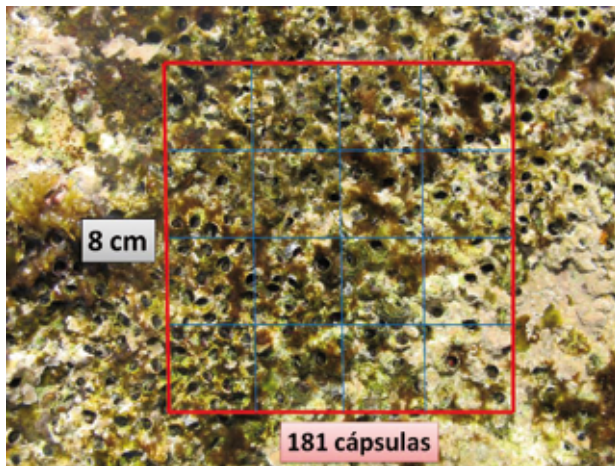


Figura 2. Costra de *Dendropoma cristatum*. Crust of *Dendropoma cristatum*.

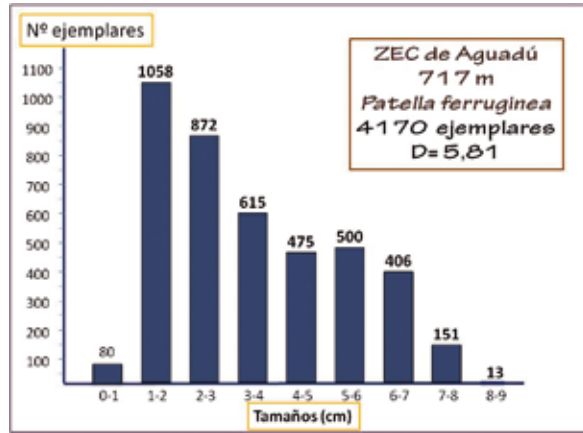


Figura 3. Población de *Patella ferruginea*. Population of *Patella ferruginea*.

ron estragos en las comunidades litorales por los aportes terrígenos con que fueron agredidas durante casi dos años. De hecho en estimaciones hechas en 2010 (Guallart *et al.*, 2013) ya aparecían datos que mostraban la recuperación de la especie en este tramo del litoral melillense.

*Dendropoma cristatum*. Por primera vez para la costa de Melilla se da información sobre esta especie. Ausente o no apreciada por su escaso desarrollo en los estudios anteriores coincidentes con el inicio de las reseñadas obras públicas, en la actualidad constatamos su esperanzadora presencia en la ZEC de Aguadú, fundamentalmente cuando encuentra el hábitat idóneo.

*Astroides calycularis*. Antes abundante en la punta de Rostrogordo y la ZEC de Aguadú, preferentemente en el tramo 1 (González *et al.*, 2005), en la actualidad se encuentra prácticamente extinguido. La puesta en marcha de la cercana desalinizadora de agua marina ha cambiado la dinámica poblacional de muchas especies litorales. En algunos casos, como el de *Astroides*, de forma drásticamente negativa, y en otros propiciando aumentos demográficos paradójicos, como ha ocurrido con *Pollicipes pollicipes* Gmelin, 1789.

Urge evitar vertidos directos a pie de cantil de los desechos hiperhalinos de la contigua desalinizadora instalando un colector submarino que aleje su influencia. Igualmente de productos industriales en plena zona protegida (pirosulfitos, biocidas y residuos de la limpieza de filtros). Y minimizar la influencia de residuos diversos que provienen del cuartel militar que ocupa la parte superior del acantilado.

## 5. Referencias

**Boudouresque, C.F.** (1984). Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: une revue. *Giornale Botanico Ital.*, 118(2): 7-42.

**González, J.A., García, H. and Bueno, I.** (2005). *Especies singulares y protegidas de la flora y fauna de Melilla e islas Chafarinas*. Melilla: Fundación Gaselec.

**González, J.A., Bueno, I, García, H. and Bazaïri, H.** (2006) Las poblaciones de *Patella ferruginea* Gmelin 1791 (Mollusca, Gastropoda, Patellidae) en los acantilados de Melilla y Tres Forcas. En: *XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*. Barcelona, pp.152-153.

**Gualart, J. and Calvo, M.** (2006). Distribución y abundancia de las formaciones de *Dendropoma petraeum* (Mollusca, Vermetidae) en las islas Chafarinas

(Mediterráneo SW). *Resúmenes del XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*. Barcelona, p. 141.

**Gualart, J., Luque A.A., Acevedo, I. and Calvo, M.** (2013). Distribución y censo actualizado de la lapa ferrugínea (*Patella ferruginea* Gmelin, 1791) en el litoral de Melilla (mediterráneo suroccidental). *Iberus*, 31: 21-51.

## Artículo 7. Investigando hábitats y especies marinos: el caso de las comunidades endobentónicas de fondos blandos del banco de Galicia y el sistema de cañones submarinos de Avilés

### *Article 7. Researching marine habitats and species: the case of soft-bottoms endobenthic communities in the Galicia Bank and the Aviles Canyon*

Lourido, A.\*; Parra, S.<sup>1</sup>; Sánchez; F.<sup>2</sup>; Serrano, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Español de Oceanografía, C.O. de A Coruña. Paseo Marítimo Alcalde Francisco Vázquez, nº 10, 15001, A Coruña, España.

<sup>2</sup> Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Santander. Promontorio San Martín s/n, 39004, Santander, España.

\* antialourido@hotmail.com



## Resumen

Durante 2010 y 2011 se llevaron a cabo varias campañas multidisciplinares en el sistema de cañones submarinos de Avilés y el banco de Galicia para estudiar sus hábitats y especies bajo el proyecto LIFE+ INDEMARES. El presente trabajo se centra en la macrofauna endobentónica de fondos blandos de ambas zonas.

Se realizaron muestreos cuantitativos de la macroinfauna con una draga box corer. Los resultados de los análisis granulométricos revelaron que en los sedimentos del sistema de cañones submarinos de Avilés el tamaño de grano decreció con la profundidad, desde arenas muy gruesas hasta fango, mientras que los sedimentos del banco de Galicia están compuestos principalmente por arenas medias con bajo contenido orgánico.

A nivel faunístico, en el sistema de cañones submarinos de Avilés se observaron mayores valores de abundancia y de diversidad que en el banco de Galicia, siendo los poliquetos el grupo faunístico dominante en ambas zonas. A nivel de comunidades, en el sistema de cañones submarinos de Avilés los análisis multivariantes distinguieron las estaciones someras con altos contenidos en arenas gruesas, las estaciones de profundidad intermedia con altos contenidos en arenas finas, y las estaciones profundas con las granulometrías más finas. En el banco de Galicia se diferenciaron claramente las estaciones más someras de arenas medias de las estaciones más profundas de arenas finas.

**Palabras clave:** macroinfauna, estructura de las comunidades, banco de Galicia, sistema de cañones submarinos de Avilés, proyecto INDEMARES.

## Abstract

*Within the framework of the INDEMARES (LIFE+) project, two cruises were carried out in 2010 and 2011 in the Avilés Canyon System and in the Galicia Bank to study the infaunal communities of the area, among other multidisciplinary objectives.*

*Samples were collected using a 0.090 m<sup>2</sup> box corer. The granulometric analyses reveal that the nature of Galicia Bank sediments was sandy in the whole area and with low organic matter content, while in the Avilés Canyon System the grain size decreased with depth, from very coarse sand to mud.*

*Regarding the infauna, the Galicia Bank recorded less abundance and diversity values than the Avilés Canyon System. Concerning the macrofauna, polychaetes are the dominant taxon in both areas. In the Galicia Bank, the multivariate analyses differentiated the shallowest stations with medium sands from the deepest stations with fine sands. In the Avilés Canyon System shallow stations with high content in coarse sands were differentiated from medium depth stations with high contents in fine sands and from deep stations with the finest sediments.*

**Keywords:** macroinfauna, community structure, Galicia Bank, Aviles Canyon System, Indemares Project.

## 1. Introducción

España, con sus 8000 km de costa, es uno de los países europeos con mayor riqueza de biodiversidad marina. Por ello, la protección de sus océanos y recursos naturales es de vital importancia, dado que las presiones derivadas de las actividades humanas van en aumento. La Red Natura 2000 tiene el propósito de asegurar la supervivencia a largo plazo de especies y hábitats amenazados en Europa para así conservar la biodiversidad, pero a pesar de que casi una cuarta parte del territorio terrestre español está ya incluido en la Red, a nivel marino se encuentra menos desarrollada. Por este motivo surge el proyecto LIFE+ INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español”, que tiene como principal objetivo la identificación de espacios de valor para la Red Natura 2000 en los mares españoles, de manera que pueda contribuir a la protección y uso sostenible de la biodiversidad en sus mares ([www.indemares.es](http://www.indemares.es)).

El presente trabajo se centra en dos de las diez zonas incluidas en el proyecto INDEMARES: el sistema de cañones submarinos de Avilés (SCA) y el banco de Galicia. Se llevaron a cabo varias campañas multidisciplinares en ambas zonas para estudiar sus hábitats y especies, siendo el objeto concreto de este estudio la macrofauna bentónica de fondos blandos. Entre los estudios llevados a cabo en estas zonas, cabe mencionar Sánchez *et al.* (2012, 2014) que caracterizaron los hábitats del SCA y el hábitat de los arrecifes de coral de aguas profundas en el cañón de La Gaviera, Gómez-Ballesteros *et al.* (2014) que describieron la geomorfología del SCA, a Louzao *et al.* (2010) y Lourido *et al.* (2014) que se centraron en la composición de especies de las asociaciones bentónicas del SCA, y a Cartes *et al.* (2014) que estudiaron las asociaciones de decápodos del banco de Galicia.

Ambas áreas de estudio representan zonas profundas poco estudiadas hasta el momento. El océano profundo, es un enorme ecosistema que se extiende sobre la mayor parte de la superficie de la Tierra, con profundidades mayores a 200 metros (Gage 2001; Tyler 2003), que representa la transición de la plataforma al talud continental. En la actualidad la información sobre los ecosistemas del océano profundo está aumentando debido al desarrollo de nuevas metodologías de muestreo más adecuadas para explorar este ambiente. Anteriormente se asumía que el océano profundo era pobre en especies y era un medioambiente estable (Sanders 1968), con baja llegada de detritus y sin producción primaria. Sin embargo, actualmente se sabe que el océano profundo tiene una alta biodiversidad de organismos (Hessler y Sanders 1967), es un ambiente activo y con producción primaria en determinados ambientes (Tyler 2003), y que tiene diferentes hábitats debido a la compleja topografía del fondo (Stuart *et al.* 2003). La topografía del océano profundo puede verse modificada por diversas estructuras como cañones o montañas submarinas. Los cañones submarinos se definen como incisiones profundas que cortan las plataformas y los taludes continentales y que transportan sedimento y carbono orgánico hacia las zonas profundas (Paterson *et al.* 2011), mientras que las montañas submarinas son estructuras que sobresalen en la topografía submarina, y se elevan desde el fondo del mar (Surugi *et al.* 2008; Gage y Tyler 1991).

El SCA transporta sedimentos y materia orgánica desde la plataforma continental hasta las áreas profundas de la cuenca abisal del golfo de Vizcaya, convirtiéndose así en sistemas de

alta producción biológica y proporciona hábitats esenciales para numerosas especies de peces comerciales, como la merluza o el rape, así como para tiburones o cetáceos.

El objetivo de este estudio es reunir los datos necesarios para caracterizar la composición y distribución de la fauna macrobentónica que vive en este tipo de estructuras profundas.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Área de estudio

El SCA (Figura 1) se encuentra localizado en el margen continental del norte de la península ibérica, frente a la costa occidental de Asturias a millas de la costa, desde una profundidad de 140 m sobre la plataforma hasta los 4750 m de la base del talud. Su morfología es compleja y muestra tres grandes cañones submarinos (Avilés, El Corbiro y La Gaviera), una plataforma marginal (Canto Nuevo) y un alto estructural rocoso masivo (Agudo de Fuera). La anchura de la plataforma continental varía entre 12 y 40 km, y además presenta un borde muy irregular, diversos afloramientos rocosos y escaso recubrimiento sedimentario. Es una zona con una intensa actividad pesquera, en donde cerca de 400 barcos de distintas modalidades operan en la zona.

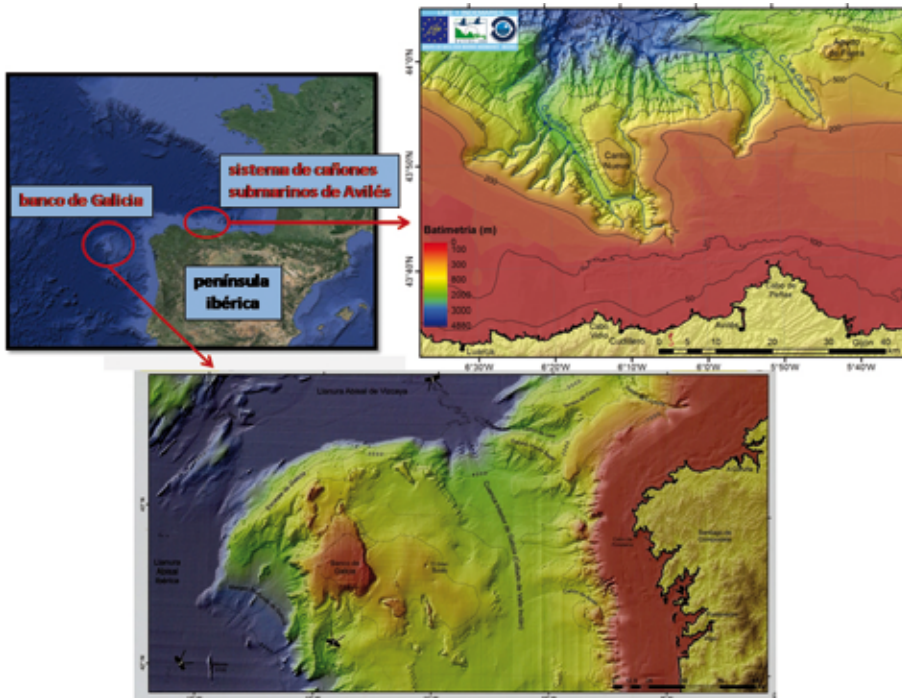


Figura 1. Localización de las zonas de estudio en el sistema de cañones de Avilés y banco de Galicia. Location of sampling stations in the Avilés Canyon System and in the Galicia Bank.

El banco de Galicia se localiza en el océano Atlántico, al oeste de la península ibérica. Es una montaña submarina de origen no volcánico localizada a unos 200 km de la costa gallega. La zona menos profunda tiene una extensión de unos 6250 km<sup>2</sup>, y un canal de aproximadamente 2500 m de profundidad separa el banco de la plataforma continental. El banco de Galicia presenta un elevado grado de aislamiento con el continente al estar rodeado por profundos fondos abisales: cuenca interior de Galicia al este, llanura abisal ibérica al oeste y sur, y llanura abisal de Vizcaya al norte. Posee una forma irregular: la zona este es muy escarpada y con un pico que se eleva unos 600 m, y al norte-noroeste desciende en pendiente suave desde los 1000 m hasta la plataforma abisal, a 5000 m de profundidad. Presenta además una plataforma arenosa de unos 800 m de profundidad sometida a fuertes corrientes. Debido a su estructura tridimensional proporciona un elevado número de microhábitats respecto a los estériles alrededores del fondo marino, que albergan gran diversidad faunística. Además, la intensidad de la mezcla de agua en vertical y la productividad primaria es, a menudo, mucho más elevada que en el océano abierto. Muchas especies de peces y de cetáceos tienden a agregarse en las proximidades del banco y lo utilizan como área de alimentación y reproducción.

## 2.2. Métodos de muestreo

Los muestreos se realizaron con una draga *box corer* tipo *Ulsner* que presentaba una superficie de muestreo de 0,090 m<sup>2</sup>. Las estaciones de muestreo se seleccionaron previa confirmación de la presencia de tipos sedimentarios blandos a partir de valores bajos de reflectividad procedentes de la ecosonda multihaz.

Las muestras para el estudio faunístico se tamizaron a bordo a través de un tamiz con una luz de malla de 0,5 mm. El material recogido se fijó con formol al 8% neutralizado con bórax (previamente anestesiado con cloruro magnésico), al que se le había añadido Rosa de Bengala para facilitar la separación de los organismos del sedimento en el laboratorio. También se recogieron muestras para estimar el contenido orgánico del sedimento y realizar el análisis granulométrico, siendo todas ellas congeladas a bordo hasta su posterior procesado.

Una vez en el laboratorio, el análisis granulométrico del sedimento se realizó siguiendo el método recomendado por Buchanan (1984), que consiste en una combinación de tamizado en seco de la fracción gruesa (> 62 µm) y de sedimentación a 20 °C de la fracción fina (< 62 µm) en columna de agua destilada. El contenido de materia orgánica del sedimento se calculó como la pérdida porcentual en peso por calcinación de la muestra a 500 °C durante 24 horas, después de secarla a 100 °C durante el mismo tiempo. Para cada estación se realizaron 4 réplicas, tomándose el valor medio como representativo de esa estación.

## 2.3. Análisis de datos

Las comunidades macrobentónicas fueron determinadas a través de análisis multivariantes no paramétricos utilizando el paquete estadístico PRIMER v6.0 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research; Clarke y Gorley 2006). Se construyó una matriz de similitud por medio del coeficiente de similitud de Bray-Curtis, transformando primero la abundancia

de las especies a través de la raíz cuarta. A partir de la matriz de similaridad, las estaciones fueron clasificadas por medio del análisis cluster. También se realizó un análisis SIMPER para identificar las especies que más contribuyeron a la diferenciación de los grupos de estaciones determinados anteriormente.

### 3. Resultados

Durante las campañas llevadas a cabo se muestrearon un total de 57 estaciones (entre 83 y 1881 m) en el SCA, y 28 estaciones (entre 683 y 2274 m) en el banco de Galicia (Tabla 1).

Estaciones SCA	Profundidad (m)	Arena gruesa	Arena fina	Fango	Q50 (mm)	Tipo sedimentario	S0	MO (%)
I	230	6,4	89,5	4,0	0,22	AF	Mod	3,12
II	288	8,6	85,6	5,8	0,15	AF	Mod	2,20
III	564	7,3	74,7	17,9	0,12	AMF	Mod	2,83
IV	722	3,2	71,2	25,6	0,11	AMF	Mod	7,62
V	836	7,5	81,5	11,0	0,17	AF	Mod	2,83
VI	848	14,1	86,0	0,0	0,20	AF	Mod	2,60
VII	430	5,4	84,7	9,9	0,14	AF	Mod	3,77
VIII	142	20,6	72,8	6,6	0,29	AM	Mod	4,17
IX	1106	4,3	95,7	0,0	0,20	AF	Mod	4,09
X	428	5,3	78,7	16,0	0,16	AF	Mod	4,03
XI	232	68,4	31,2	0,4	0,68	AG	Mod	3,02
XII	1281	37,8	60,8	1,4	0,42	AM	Mod	2,20
XIII	791	3,6	61,2	35,3	0,10	AMF	Pobre	6,53
XIV	1475	2,3	48,6	49,2	0,06	AMF	Pobre	11,51
XV	1065	13,8	26,8	59,5	0,03	Fango	Mala	7,58
XVI	464	12,4	81,4	6,1	0,25	AF	Mod	3,81
XVII	1445	14,6	29,7	55,8	0,05	Fango	Mala	9,43
XVIII	1501	1,3	52,7	46,0	0,07	AMF	Pobre	7,78
XIX	1730	6,3	53,3	40,4	0,10	AMF	Mala	5,22
1	389	0,7	90,4	8,9	0,14	AF	Mod	2,89
2	637	1,5	62,9	35,6	0,09	AMF	Pobre	4,90

Estaciones SCA	Profundidad (m)	Arena gruesa	Arena fina	Fango	Q50 (mm)	Tipo sedimentario	SO	MO (%)
3	1033	1,8	56,4	41,8	0,08	AMF	Pobre	6,32
4	603	3,2	68,1	28,7	0,11	AMF	Pobre	6,60
5	200	8,1	88,0	3,9	0,23	AF	Mod	1,95
6	168	12,5	85,1	2,4	0,28	AM	Mod	2,82
7	458	2,8	91,7	5,6	0,17	AF	Mod	3,48
8	208	76,4	23,3	0,3	0,88	AG	Mod	2,52
9	740	3,1	58,9	37,9	0,09	AMF	Pobre	7,33
10	195	52,7	46,2	1,1	0,54	AG	Mod	2,33
11	1004	1,6	51,0	47,4	0,06	AMF	Pobre	10,80
12	462	12,1	73,4	14,5	0,23	AF	Mod	5,00
13	168	92,6	7,4	0,0	1,13	AMG	Mod	2,81
14	964	3,1	73,7	23,2	0,12	AMF	Pobre	6,98
15	612	2,2	81,7	16,1	0,13	AF	Mod	3,11
16	503	5,4	89,3	5,3	0,21	AF	Mod	2,90
17	1130	0,6	64,5	34,8	0,09	AMF	Pobre	7,88
18	1173	2,0	91,4	2,0	0,16	AF	Mod	3,89
19	156	21,9	69,4	8,6	0,30	AM	Mod	3,21
20	144	25,2	71,5	3,3	0,33	AM	Mod	3,22
21	657	2,8	86,7	10,5	0,17	AF	Mod	2,87
22	1184	3,8	79,1	17,1	0,15	AF	Mod	2,79
23	170	9,0	83,5	7,6	0,23	AF	Mod	3,75
24	780	1,7	58,8	39,5	0,08	AMF	Pobre	4,32
25	157	44,8	51,4	3,8	0,47	AM	Mod	3,16
26	942	2,0	74,7	23,3	0,12	AMF	Mod	1,84
27	457	1,9	78,6	19,5	0,12	AMF	Mod	1,22
28	1318	0,1	76,9	22,9	0,12	AMF	Mod	4,17
29	1881	3,4	59,1	37,5	0,11	AMF	Pobre	5,34
30	1206	0,0	37,2	62,8	0,04	Fango	Pobre	8,25

Estaciones SCA	Profundidad (m)	Arena gruesa	Arena fina	Fango	Q50 (mm)	Tipo sedimentario	S0	MO (%)
31	112	88,7	11,3	0,0	1,15	AMG	Mod	2,17
32	83	12,3	87,7	0,0	0,24	AF	Mod	1,34
33	1183	21,4	63,2	15,4	0,22	AF	Pobre	1,79
34	1017	0,8	76,7	22,5	0,12	AMF	Mod	3,54
35	356	1,4	87,9	10,7	0,15	AF	Mod	2,72
36	1470	6,1	68,9	25,0	0,17	AF	Pobre	4,67
37	499	0,7	90,9	8,5	0,14	AF	Mod	2,73
38	554	1,8	69,8	28,3	0,11	AMF	Mod	4,17
Estaciones BC	Profundidad (m)	Arena gruesa	Arena fina	Fango	Q350 (mm)	Tipo sedimentario	S0	MO (%)
1	765	10,05	88,78	1,17	0,24	AF	Mod	1,84
2	779	23,29	76,71	0,00	0,37	AM	ModB	1,70
3	880	10,57	88,71	0,72	0,29	AM	ModB	1,46
4	1039	25,13	73,87	1,00	0,37	AM	Mod	1,46
5	781	11,16	88,84	0,00	0,27	AM	Mod	1,61
6	770	22,00	77,38	0,63	0,33	AM	Mod	1,94
7	1021	13,30	86,70	0,00	0,30	AM	Mod	1,28
8	1353	12,40	86,44	1,16	0,32	AM	ModB	1,49
9	1056	10,41	88,66	0,93	0,26	AM	Mod	1,57
10	1829	3,42	74,23	22,34	0,12	AMF	Pobre	2,34
11	1545	6,43	90,85	2,72	0,19	AF	Mod	1,12
12	1622	7,74	83,56	8,71	0,20	AF	Mod	2,24
13	1845	7,27	77,32	15,41	0,18	AF	Pobre	3,40
14	2274	6,13	74,43	19,44	0,18	AF	Pobre	3,52
15	890	29,33	70,67	0,00	0,40	AM	ModB	1,57
16	774	13,89	86,11	0,00	0,32	AM	ModB	1,36
17	1766	3,56	62,20	34,23	0,11	AMF	Mala	2,31
18	1311	3,60	94,32	2,08	0,24	AF	Mod	1,22

Estaciones BG	Profundidad (m)	Arena gruesa	Arena fina	Fango	Q350 (mm)	Tipo sedimentario	SO	MO (%)
19	683	13,62	86,38	0,00	0,31	AM	ModB	1,81
20	765	11,87	87,16	0,97	0,28	AM	Mod	1,07
21	916	17,02	81,16	1,82	0,28	AM	Mod	1,80
22	866	11,64	87,35	1,00	0,29	AM	Mod	1,81
23	779	19,16	79,46	1,38	0,32	AM	Mod	1,74
24	745	17,09	81,61	1,30	0,28	AM	Mod	1,96
25	1092	27,47	72,53	0,00	0,39	AM	ModB	1,64
26	1579	15,26	81,96	2,77	0,31	AM	Mod	1,91
27	1477	1,90	85,98	12,12	0,17	AF	Mod	2,33
28	1751	2,41	51,28	46,31	0,07	AMF	Mala	3,24

**Tabla 1.** Profundidad, principales características sedimentarias y contenido en materia orgánica de las estaciones muestreadas en el SCA (las estaciones que aparecen en números romanos no fueron analizadas a nivel infaunal) y en el banco de Galicia (BG). *Depth, main sedimentary characteristics and organic matter content of sampling stations of the Aviles Canyon System (SCA) (roman numerals mark the stations where only sediment was collected) and in the Galicia Bank (BG).*

### 3.1. Sedimentos

En general, los fondos blandos muestreados en el SCA están dominados por tipos sedimentarios arenosos formados fundamentalmente por arenas finas y muy finas. Los tipos sedimentarios más finos se encuentran en las zonas más profundas de la plataforma continental y del talud, mientras que los sedimentos más gruesos se localizan en las estaciones más someras de la plataforma continental. Paralelamente y en toda el área de estudio, los sedimentos con mayor contenido orgánico están en las zonas más profundas.

Los sedimentos del banco de Galicia están compuestos principalmente por arenas con bajo contenido orgánico, el cual aumenta con la profundidad hasta alcanzar un valor máximo de 3,5%. Las arenas medias dominan en las estaciones menos profundas (a menos de 1000 metros de profundidad), mientras que las arenas finas y muy finas aparecen en los sedimentos de mayor batimetría.

### 3.2. Macroinfauna

Atendiendo a los valores de abundancia de individuos (Tabla 2A), observamos que en el SCA las estaciones de menor batimetría (menos de 500 metros) son las que presentan una mayor densidad de ejemplares: estaciones 27, 25, 6 y 20 con 2811, 2511, 2433 y 2311 ind/m<sup>2</sup>, res-



pectivamente. Por el contrario, las menores densidades se registraron en las estaciones más profundas: estaciones 2, 3, y 22 con 544, 567 y 733 ind/m<sup>2</sup> (637, 1033 y 1184 metros de profundidad, respectivamente). El número de especies sigue un patrón similar al de la abundancia, disminuyendo con la profundidad. El menor número de especies se registró por encima de los 600 metros de profundidad (estaciones 2, 3 y 11 con 29, 30 y 34 especies, respectivamente), mientras que fue mayor a menos de 510 metros (estaciones 23, 16, 37 y 25 con 73, 73, 75 y 81 especies).

En las estaciones más profundas (más de 1000 metros de profundidad), el grupo de los poliquetos resultó ser el grupo infaunal dominante (Figura 2A), con dominancias entre el 28,5 y el 82,3%. Las especies más abundantes fueron *Levinsenia flava* (Strelzov, 1973) y *Aurospio dibranchiata* Maciolek, 1981. Este grupo faunístico dominó en nueve de las once estaciones más profundas, siendo los crustáceos los dominantes en las dos estaciones restantes (de 1318 y 1470 metros de profundidad); los poliquetos vuelven a ser el grupo dominante a profundidades intermedias (entre 500 y 1000 metros de profundidad) (Figura 2A), con valores de dominancia que varían entre el 39 y el 83,6%. Los bivalvos, el sipuncúlido *Onchnesoma steenstrupii steenstrupii* Koren & Danielssen, 1876, los poliquetos anfarétidos, *Glycera lapidum* Quatrefages, 1866 y *Levinsenia flava* fueron los organismos más abundantes; y finalmente, el patrón no varió en las estaciones más someras (menos de 500 metros de profundidad), donde los poliquetos siguen dominando en 15 de las 17 estaciones incluidas en este rango batimétrico (34,1-80,9%) (Figura 2A), principalmente debido a la gran abundancia de *Pterolysippe vanelli* (Fauvel, 1936).

En el banco de Galicia, los mayores valores de abundancia de individuos (1478, 1267, 1222 y 1178 ind/m<sup>2</sup>. Tabla 2B) se registraron en estaciones de gran batimetría (866, 1477, 1751 y 1829 metros, respectivamente) formadas por sedimentos finos (estaciones 22, 27, 28 y 10). Por el contrario, los menores valores de abundancia (67, 133, 144 y 178 ind/m<sup>2</sup>) se encontraron en estaciones de arenas medias que no superaron los 1400 metros de profundidad (estaciones 8, 16, 25 y 2). Concretamente fue también en estas estaciones con menores valores de abundancia donde se apreció un menor número de especies (estaciones 8, 16 y 25 con 6, 7 y 9 especies, respectivamente), mientras que los mayores valores de riqueza específica se registraron en las estaciones 22, 28, 27 y 24 (49, 49, 42 y 42 especies, respectivamente).

Estaciones SCA	Número de especies	Número de individuos (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)
1	60	1833	389
2	29	544	637
3	30	567	1033
4	39	744	603
5	44	1122	200
6	67	2433	168
7	51	1322	458

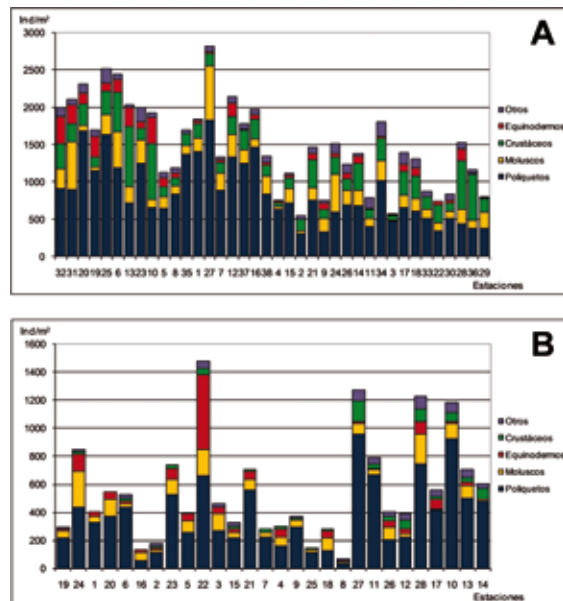
Estaciones SCA	Número de especies	Número de individuos (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)
8	39	1178	208
9	37	744	740
10	58	1922	195
11	34	789	1004
12	70	2133	462
13	43	2033	168
14	61	1378	964
15	57	1111	612
16	73	1967	503
17	66	1389	1130
18	44	1304	1173
19	65	1689	156
20	72	2311	144
21	68	1456	657
22	42	733	1184
23	73	1989	170
24	55	1511	780
25	81	2511	157
26	55	1233	942
27	72	2811	457
28	63	1522	1318
29	40	800	1881
30	42	833	1206
31	68	2100	112
32	62	1989	83
33	38	867	1183
34	47	1800	1017
35	60	1689	356
36	47	1156	1470

Estaciones SCA	Número de especies	Número de individuos (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)
37	75	1778	499
38	52	1344	554
Estaciones BG	Número de especies	Número de individuos (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)
1	24	400	765
2	13	178	779
3	22	456	880
4	20	300	1039
5	17	389	781
6	21	522	770
7	13	278	1021
8	6	67	1353
9	18	367	1056
10	33	1178	1829
11	33	789	1545
12	24	389	1622
13	28	700	1845
14	30	600	2274
15	13	322	890
16	7	133	774
17	20	556	1766
18	16	278	1311
19	16	289	683
20	25	544	765
21	29	700	916
22	49	1478	866

Estaciones BG	Número de especies	Número de individuos (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)
23	28	733	779
24	42	844	745
25	9	144	1092
26	24	400	1579
27	42	1267	1477
28	49	1222	1751

**Tabla 2.** Número de especies (S) y abundancia absoluta (ind/m<sup>2</sup>) en las estaciones muestreadas. *Species number (S) and abundance (ind/m<sup>2</sup>) of the sampling stations.*

En cuanto a los grupos faunísticos, son los poliquetos el grupo infaunal dominante en todas las estaciones muestreadas, tanto en profundidades bajas (dominancia: 41,7–83,0%), intermedias (dominancia: 44,0–80,0 %) como altas (dominancia: 50,0–84,5%; figura 2B). Los poliquetos se ven seguidos en abundancia por los moluscos en estos tres rangos de profundidad, y tras ellos aparecen los equinodermos en las estaciones menos profundas (<1000 m) y los crustáceos



**Figura 2.** Abundancia relativa (%) de los principales grupos faunísticos macroinfaunales en las estaciones muestreadas, ordenadas de menor a mayor profundidad (A: SCA; B: Banco de Galicia). *Fluctuations in abundance indices (major faunistic groups) according to depth for the Avilés Canyon System (A) and Galicia Bank (B).*

en las de mayor batimetría (1000-1500 y >1500 m). Las especies más abundantes de la zona de estudio que representan más del 25% del total de la fauna recogida durante los muestreos fueron los poliquetos *Aurospio dibranchiata*, *Poecilochaetus* sp., *Glycera lapidum* y *Palposyllis prosostoma* Hartmann-Schröder, 1977, junto con los bivalvos *Limopsis cristata* Jeffreys, 1876 y *Thyasira succisa* (Jeffreys, 1876). Concretamente, las estaciones más someras (menos de 1000 metros de profundidad) están dominadas por los poliquetos *Poecilochaetus* sp. y *Palposyllis prosostoma* junto con la ophiura *Ophiacantha* sp., y tanto en las estaciones intermedias (de 1000 a 1500 metros de profundidad) como en las más profundas (más de 1500 metros de profundidad) domina el poliqueto *Aurospio dibranchiata*.

### 3.3. Comunidades infaunales

Por medio de los análisis multivariantes se determinó la estructura de las comunidades bentónicas presentes en el SCA y en el banco de Galicia, así como las diferentes agrupaciones faunísticas de ambas zonas de estudio (Figura 3).

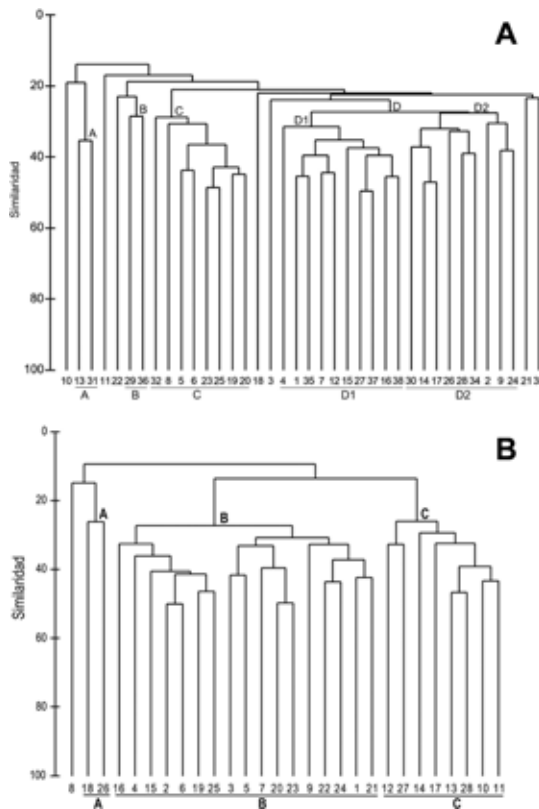


Figura 3. Dendrograma obtenido a partir de la matriz de abundancias de todos los taxones identificados (A: SCA; B: Banco de Galicia). Cluster analyses (Bray-Curtis similarity measure) showing the classification of sampling stations in Avilés Canyon (A) and Galicia Bank (B).

En el dendrograma del SCA (Figura 3A) se distinguen cuatro grandes grupos de estaciones: el **grupo A** está formado por dos estaciones someras, las estaciones 13 y 31, de arena media y arena muy gruesa, respectivamente. Este grupo está caracterizado por el contenido más bajo en materia orgánica, sin fango, la menor batimetría y el número más elevado de individuos; el **grupo B** está constituido por las dos estaciones más profundas de la zona de estudio, las estaciones 29 y 36 con 1881 y 1470 metros de profundidad. Presenta sedimentos con fracciones sedimentarias finas y un elevado contenido en materia orgánica; el **grupo C** (estaciones 5, 6, 8, 19, 20, 23, 25 y 32) está compuesto por estaciones poco profundas, con bajo contenido orgánico y fracciones sedimentarias intermedias (desde arenas finas hasta arenas muy gruesas); y el grupo D que se subdivide en el **subgrupo D1** (estaciones 1, 4, 7, 12, 15, 16, 27, 35, 37 y 38) de arenas finas principalmente y localizadas a profundidades intermedias, entre 356 y 612 metros de profundidad; y en el **subgrupo D2** (estaciones 2, 9, 14, 17, 24, 26, 28, 30 y 34) compuesto por estaciones aún más profundas que el grupo D1 (hasta 1318 metros), las cuales presentan el mayor contenido en materia orgánica y los fondos de granulometría más fina (principalmente arena muy fina); las estaciones 3, 10, 11, 18, 21, 22 y 33 están desagrupadas.

Los resultados obtenidos de las agrupaciones de estaciones en el SCA (Tabla 3A) nos indican que las especies más abundantes (más del 50% del total) dentro del **grupo A** son los bivalvos *Limatula* sp. y *Tellina* sp.; los poliquetos *Pisone* sp. y *Sphaerosyllis bulbosa* Southern, 1914; los anfípodos (Amphipoda indet.), *Megamphopus cornutus* Norman, 1869, y la familia Aoridae; los equinoideos (Echinoidea indet.); los ofiuroides (Ophiuroidea indet.) y los nemertinos (Nemertea indet.). Las especies más abundantes dentro del **grupo B** son los caprellidos (Caprellidae indet.); los poliquetos *Aurospio dibranchiata* Maciolek, 1981, *Notoproctus* sp., *Nothria* sp., *Levinsenia* sp. 1 y la familia Aricidea; los escafópodos *Antalis agilis* (M. Sars in G.O. Sars, 1872); los tanaidáceos (Tanaidacea indet.); isópodos de la familia Munnopsidae; los ostrácodos; los sipuncúlidos (Sipuncula indet.) y los bivalvos *Thyasira succisa* (Jeffreys, 1876). Las especies más abundantes dentro del **grupo C** son los nemertinos (Nemertea indet.); los bivalvos (Bivalvia indet.) y *Timoclea ovata* (Pennant, 1777); los equinoideos (Echinoidea indet.); los poliquetos *Aricidea (Aricidea) wassi* Pettibone, 1965, *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914, *Euchone incolor* Hartman, 1965, *Galathowenia oculata* (Zachs, 1923), *Aponuphis bilineata* (Baird, 1870), *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883, *Prionospio fallax* Söderström, 1920, *Auchenoplax crinita* Ehlers, 1887, *Jasmineira caudata* Langerhans, 1880, *Monticellina dorsobranchialis* (Kirkegaard, 1959), *Myriochele* sp., *Prionospio* sp., *Aricidea (Acmira) catherinae* Laubier, 1967, *Polycirrus* sp., *Jasmineira elegans* Saint-Joseph, 1894; los ofiuroides (Ophiuroidea indet.) y *Amphiura filiformis* (O.F. Müller, 1776) y los decápodos (Decapoda indet.). Las especies más abundantes dentro del **subgrupo D1** son los poliquetos *Pterolysippe vanelli* (Fauvel, 1936), *Levinsenia flava* (Strelzov, 1973), *Magelona filiformis* Wilson, 1959, *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883, *Glycera lapidum* Quatrefages, 1866, *Ophelina abranchiata* Støp-Bowitz, 1948, los anfarétidos (Ampharetidae indet.), *Amythasides* sp., *Aricidea (Aricidea) wassi* Pettibone, 1965, *Notomastus latericeus* Sars, 1851, *Aricidea (Acmira) catherinae* Laubier, 1967, *Spiophanes bombyx* (Claparède, 1870), *Levinsenia gracilis* (Tauber, 1879), los maldánidos (Maldanidae indet. 1 y Maldanidae indet. 2), y las aricideas (*Aricidea* spp.); los bivalvos (Bivalvia indet.), *Kelliella* sp., *Thyasira succisa* y *Axinulus croulinensis* (Jeffreys, 1847); los sipuncúlidos *Onchnesoma steenstrupii steenstrupii* Koren &

Danielssen, 1876; los nemertinos (*Nemertea* indet.); y los tanaidáceos (*Tanaidacea* indet.). Las especies más abundantes dentro del **subgrupo D2** son los poliquetos *Levinsenia flava*, *Aurospio dibranchiata*, *Euchone incolor* Hartman, 1965, los anfarétidos (*Ampharetidae* indet.), los capitélidos (*Capitellidae* indet. 1), *Lumbrinerides crassicephala* Hartman, 1965, *Prionospio* sp., *Glycera lapidum*, *Paradiopatra* sp. 2, *Peresiella* sp., *Notomastus latericeus* Sars, 1851, *Levinsenia gracilis* (Tauber, 1879), *Nephtys* sp. y *Terebellides stroemii* Sars, 1835; los caudofoveados (*Caudofoveata* indet.); los sipuncúlidos (*Sipuncula* indet.) y *Onchnesoma steenstrupii steenstrupii*; los bivalvos (*Bivalvia* indet.), *Axinulus eumyari* (M. Sars, 1870) y *Axinulus croulinensis* (Jeffreys, 1847); los nemertinos (*Nemertea* indet.); los anfípodos *Ampelisca aequicornis* Bruzelius, 1859 y *Metaphoxus simplex* (Bate, 1857); las ofiuras *Ophiacantha* sp. y los ostrácodos (*Ostracoda* sp.).

En el banco de Galicia, el dendrograma (Figura 3B) muestra tres grandes grupos de estaciones: el **grupo A** formado por dos estaciones profundas, las estaciones 18 y 26, de arena fina y media, respectivamente, con el mayor porcentaje de arena fina de los tres grupos de estaciones, y bajos valores de abundancia y número de especies; el **grupo B** (estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) compuesto por estaciones de arenas medias y de batimetrías más someras. Este grupo presenta bajos valores de materia orgánica y de contenido en fango, una selección entre moderada y moderadamente buena, y el mayor porcentaje en el contenido en arena gruesa y el **grupo C** (estaciones 10, 11, 12, 13, 14, 17, 27, 28) constituido por las estaciones más profundas del área de estudio, con los mayores porcentajes de materia orgánica y contenido en fango. La selección fue entre moderada, pobre y mala, y estas estaciones registraron el mayor número de individuos y de especies de la zona; la estación 8 quedó desagrupada.

Los resultados del análisis SIMPER en el banco de Galicia (Tabla 3B) indican que las especies más abundantes dentro del **grupo A** son los ofiuroideos (*Ophiuroidea* indet.); los poliquetos *Ampharetidae* indet., *Nereididae* indet., *Nothria* sp., *Pholoe inornata* Johnston, 1839, *Syllidia armata* Quatrefages, 1866 y *Synelmis* sp.; los gasterópodos (*Gastropoda* indet.); los bivalvos *Limidae* indet. y *Pectinoidea* indet.; los anfípodos (*Amphipoda* indet.); los caudofoveados (*Caudofoveata* indet.); las holoturias *Labidoplax buskii* (McIntosh, 1866) y los sipuncúlidos *Phascolion* sp. Las especies más abundantes del **grupo B** son los poliquetos *Poecilochaetus* sp., *Palposyllis prosostoma* Hartmann-Schröder, 1977, *Protodorvillea kefersteini* (McIntosh, 1869), *Syllis* sp. 1, *Jasmineira caudata* Langerhans, 1880, *Synelmis* sp., *Aglaophamus malmgreni* (Théel, 1879), *Eurysyllis tuberculata* Ehlers, 1864 y *Streptosyllis* sp.; los bivalvos *Limopsis cristata* Jeffreys, 1876 y *Thyasira succisa*; y los ofiuroideos *Ophiacantha* sp., *Ophiomyces grandis* Lyman, 1879 y *Amphiura chiajei* Forbes, 1843. Las especies más abundantes del **grupo C** son los poliquetos *Aurospio dibranchiata*, *Glycera lapidum*, *Ampharetidae* indet., *Syllis* sp., *Cirratulidae* indet., *Spiophanes* sp., *Exogone (Parexogone) wolffi* San Martín, 1991 y *Aricidea* sp.; los nemertinos (*Nemertea* indet.); los ostrácodos (*Ostracoda* indet.) y los escafópodos *Antalis agilis* (M. Sars in G.O. Sars, 1872).

Grupos SCA		Prof.	Q <sub>50</sub> (mm)	S <sub>0</sub>	% M.O.	Arena gruesa (%)	Arena fina (%)	Fango (%)	Tipo sed.	S	N
A	Media	140	1,14	1,43	2,49	90,6	9,4	0	AM (1),	56	2067
	Desv. Est.	40	0,01	0,01	0,45	2,8	2,8	0	AMG (1)	18	47
B	Media	1676	0,14	2,53	5,01	4,8	64	31,3	AMF (1),	44	978
	Desv. Est.	291	0,05	0,47	0,47	1,9	6,9	8,8	AF (1)	5	251
C	Media	161	0,37	1,51	2,75	26,3	70	3,7	AF (3), AM (3),	63	1903
	Desv. Est.	38	0,22	0,09	0,78	23,6	22,6	3,1	AG (1), AMG (1)	14	536
D1	Media	489	0,15	1,63	3,48	3,2	82,2	14,6	AMF (3),	61	1673
	Desv. Est.	84	0,04	0,2	1,48	3,4	9,2	8,6	AF (7)	12	581
D2	Media	970	0,1	2,12	5,47	1,4	64,9	33,6	F (1),	51	1217
	Desv. Est.	225	0,03	0,44	2,22	1,2	12,8	13	AMF (8)	13	418
Grupos BG		Prof.	Q <sub>50</sub> (mm)	S <sub>0</sub>	% M.O.	Arena gruesa (%)	Arena fina (%)	Fango (%)	Tipo sed.	S	N
A	Media	1445	0,28	Mod.	1,6	9,4	88,1	2,4	AM (1), AF (1)	20	339
	Desv. Est.	189,5	0,05		0,5	8,2	8,7	0,5		6	86
B	Media	859	0,31	Mod.-ModB.	1,6	16,9	82,5	0,6	AM(16), AF(1)	22	475
	Desv. Est.	125,5	0,05		0,2	6,4	6,3	0,6		11	329
C	Media	1764	0,15	Mod.-Pobre-Mala	2,6	4,9	75,0	20,2	AF(5), AMF(3)	32	838
	Desv. Est.	245,4	0,05		0,8	2,3	13	14,2		9	339

**Tabla 3.** Media y desviación estándar de diversos parámetros y variables en las agrupaciones de estaciones del SCA y del banco de Galicia (BG). Prof: profundidad; Q<sub>50</sub>: mediana; S<sub>0</sub>: coeficiente de selección; % M.O.: porcentaje de materia orgánica; Tipo sed.: tipo de sedimento; S: número de especies; N: número de individuos en ind/m<sup>2</sup>; AG: arena gruesa; AMG: arena muy gruesa; AF: arena fina; AM: arena media; AMF: arena muy fina; F: fango. Abiotic and biotic characteristics (mean and standard deviation) of the main infaunal macrobenthic assemblages discriminated by the multivariate analysis of abundance data of the Aviles Canyon System (SCA) and the Galicia Bank (BG).



## 4. Discusión

### 4.1. Sedimento y abundancia faunística

A medida que la profundidad aumenta, diversos factores que controlan la distribución de la fauna cambian (Gage & Tyler 1991). Este es el caso del tipo de sedimento (entre otros factores como por ejemplo los nutrientes, temperatura, presión, intensidad de la luz, corrientes, etc.) que se hace progresivamente más fino a medida que aumenta la profundidad (Levin y Gooday 2003; Thistle 2003; Louzao *et al.* 2010). Este patrón se puede observar en ambas zonas de estudio. En el SCA los sedimentos más gruesos se localizan en las estaciones más someras (plataforma continental) mientras que las arenas finas y muy finas predominan por debajo de los 300 metros de profundidad. En el banco de Galicia las arenas medias dominan la mayoría de las estaciones que se localizan en la cima del banco, mientras que las estaciones más profundas están caracterizadas por arenas finas y muy finas.

La abundancia de la macrofauna también decrece con la profundidad y con la distancia a la costa en muchas zonas profundas (Thistle, 2003) como por ejemplo en Goban Spur en el NE del océano Atlántico (Flach *et al.*, 2002), en tres cañones submarinos portugueses (Cunha *et al.*, 2011), en el golfo de Mexico (Thistle, 2003), en el noroeste del océano Atlántico (Levin y Gooday, 2003) y en el transecto Gay Head-Bermuda (Hessler y Sanders, 1967) entre otros. Los resultados obtenidos en el SCA coinciden con este patrón observado en las zonas profundas, pero no sucede lo mismo en el banco de Galicia donde la abundancia de la macrofauna aumenta con la profundidad, la cual se podría ver favorecida por la heterogeneidad de los hábitats del talud y dificultada por las fuertes corrientes de la cima de la montaña submarina.

### 4.2. Composición faunística

Los poliquetos, junto con los crustáceos peracáridos y los moluscos bivalvos, se consideran los organismos más significativos de la macrofauna (Gage y Tyler 1991). En el océano profundo los poliquetos representan de la mitad a las tres cuartas partes de la abundancia total, seguidos por los crustáceos peracáridos (anfipodos, cumáceos, isópodos y tanaidáceos), y por los moluscos (bivalvos, escafópodos y gasterópodos). En el SCA los poliquetos representan el 56,8% de la abundancia total de la macrofauna, y un 67,2% en el banco de Galicia. Los crustáceos peracáridos son el grupo faunístico más abundante tras los poliquetos en el SCA, y en el banco de Galicia lo son los moluscos bivalvos. Las familias más abundantes de poliquetos en el SCA fueron Spionidae, Paraonidae y Cirratulidae y en el banco de Galicia Spionidae, Syllidae, y Ampharetidae. Estos poliquetos ya han sido registrados en otros estudios del océano profundo como los más abundantes: Spionidae, Cirratulidae, y Paraonidae representan hasta el 25% de las especies e individuos de poliquetos en el talud o ambiente abisal (Schüller y Ebbe 2007), mientras que Paraonidae, Cirratulidae, Sabellidae, Syllidae y Ampharetidae son las familias más abundantes en las montañas submarinas (Rogers 1994).

Existen factores como la profundidad, las características sedimentarias y el contenido en materia orgánica, que contribuyen a estructurar las comunidades macrobentónicas. Por tanto,

las diferentes características de las comunidades de macroinfauna reflejan diferencias en la variabilidad de los factores ambientales. Concretamente la profundidad es un factor que ciertamente influye en la estructura de estas comunidades del SCA y del banco de Galicia como hemos podido observar tras los análisis realizados en ambas zonas, además de ser un factor reconocido globalmente (Gage y Tyler 1991; Flach y de Bruin 1999).

En conclusión, este trabajo aporta importante información sobre las comunidades infaunales del SCA y del banco de Galicia, de forma que podamos conocer la situación actual del sistema de cañones y de la montaña submarina, que actualmente han sido declarados como Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) dentro de la Red Natura 2000 española.

## 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a los participantes de las diversas campañas oceanográficas llevadas a cabo para este estudio, así como a la tripulación de los diversos buques oceanográficos implicados en ellas (*Thalassa*, *Vizconde de Eza* y *Miguel Oliver*). Este estudio fue parcialmente financiado por el Ministerio Español de Medioambiente (proyecto ECOMARG3) y por el proyecto INDEMARES-LIFE (07/NAT /E/000732).

## 6. Referencias

- Buchanan J.B.** (1984) Sediment analysis. In Holme N.A. and McIntyre A.D. (eds) *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Cartes J.E., Papiol V., Frutos I., Macpherson E., González-Pola C., Punzón A., Valeiras X. and Serrano A.** (2014). Distribution and biogeographic trends of decapod assemblages from Galicia Bank (NE Atlantic) at depths between 700 and 1800 m, with connections to regional water masses. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 106, 165–178.
- Clarke K. and Gorley R.** (2006) *PRIMER v6: User Manual/tutorial*. Primer-E Ltd, Plymouth.
- Cunha M.R., Paterson G.L.J., Amaro T., Blackbird S., Stigter H.C., Ferreira C., Glover A., Hilario A., Kiriakoulakis K., Neal L., Ravara A., Rodrigues C.F., Tiago A. and Billett D.S.M.** (2011) Biodiversity of macrofaunal assemblages from three Portuguese submarine canyons (NE Atlantic). *Deep-Sea Research II* 58, 2433–2447.
- Flach E. and de Bruin W.** (1999) Diversity patterns in macrobenthos across a continental slope in the NE Atlantic. *Journal of Sea Research* 42, 303–323.
- Flach E., Muthumbi A. and Heip C.** (2002). Meiofauna and macrofauna community structure in relation to sediment composition at the Iberian margin compared to the Goban Spur (NE Atlantic). *Progress in Oceanography* 52, 433–457.
- Gage J. D.** (2001) Deep-sea benthic community and environmental impact assessment at the Atlantic Frontier. *Continental Shelf Research* 21, 957–986.
- Gage J.D. and Tyler P.A.** (1991). *Deep-sea biology. A natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge University Press, UK.
- Gómez-Ballesteros M., Druet M., Muñoz A., Arrese B., Rivera J., Sánchez F., Cristobo J., Parra S., García-Alegre A., González-Pola C., Gallastegui J. and Acosta J.** (2014). Geomorphology of the Avilés Canyon System, Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 106, 99–117.
- Hessler R.R. and Sanders H.L.** (1967). Faunal diversity in the deep sea. *Deep-Sea Research* 14, 65–78.
- Levin L.A. and Goody A.J.** (2003). The deep Atlantic Ocean. In Tyler P.A. (ed) *Ecosystems of the deep oceans, Ecosystems of the world*. Elsevier, Amsterdam, pp. 111–178.
- Lourido A., Parra, S. and Sánchez, F.** (2014). A comparative study of the macrobenthic infauna of two bathyal Cantabrian Sea areas: The Le Danois Bank and the Avilés Canyon System (S Bay of Biscay). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 106, 141–150.
- Louzao M., Anadon N., Arrontes J., Alvarez-Claudio C., Fuente D.M., Ocharan F., Anadon A. and Acuna J.L.** (2010). Historical macrobenthic community assemblages in the Avilés Canyon, N Iberian Shelf: Baseline biodiversity information for a marine protected area. *Journal of Marine Systems* 80, 47–56.
- Paterson G., Glover A. G., Cunha M.R., Neal L., de Stigter H.C., Kiriakoulakis K., Billett D. S. M., Wolff G. A., Tiago A., Ravara A., Lamont P. and Tyler P.** (2011). Disturbance, productivity and diversity in deep-sea canyons: A worm's eye view. *Deep-Sea Research II* 58, 2448–2460.
- Rogers A.** (1994) The biology of sea-mounts. *Advances in Marine Biology* 30, 305 – 350
- Sánchez F., García-Alegre A., Serrano A., Punzón A., Parra S., Cristobo J., Gómez-Ballesteros M., Druet M., Ríos P., González-Pola C., Rodríguez-Cabello C., Arronte J.C., Lourido A., Frutos I., Blanco M., Acosta J., Rivera J. and Altuna A.** (2012). Using EUNIS habitat classification in the Avilés Canyon's system and the near continental shelf (Cantabrian Sea). *Revista de Investigación Marina* 19(6), 224–227.

**Sánchez F., González-Pola C., Druet M., García-Alegre A., Acosta J., Cristobo J., Parra S., Ríos P., Altuna A., Gómez-Ballesteros M., Muñoz-Recio A., Rivera J. and Díaz del Río G.** (2014). Habitat characterization of deep-water coral reefs in La Gaviera Canyon (Aviles Canyon System, Cantabrian Sea). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 106, 118-140.

**Sanders, H. L.** (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* 102 (925), 243-282.

**Schüller M. and Ebbe B.** (2007) Global distributional patterns of selected deep-sea Polychaeta (Annelida) from the Southern Ocean. *Deep-Sea Research II* 54, 1737-1751.

**Stuart C.T., Rex M.A. and Etter RJ** (2003). Large-scale spatial and temporal patterns of deep-sea benthic species diversity. In Tyler P.A. (ed) *Ecosystems of the deep oceans. Ecosystems of the world*. Elsevier, Amsterdam, pp. 295-311.

**Surugiu V., Dauvin J.-C., Gillet P. and Ruellet T.** (2008) Can seamounts

provide a good habitat for polychaete annelids? Example of the northeastern Atlantic seamounts. *Deep-Sea Research II* 55, 1515-1531.

**Thistle D.** (2003). The deep-sea floor: an overview. In Tyler P.A. (ed) *Ecosystems of the deep oceans. Ecosystems of the world*. Elsevier, Amsterdam, pp. 5-37.

**Tyler P.A.** (2003). *Ecosystems of the deep oceans. Ecosystems of the world*, 28. Elsevier, Amsterdam.

## Artículo 8. Contenido de metales pesados tóxicos (Hg, Pb y Cd) en tiburones de profundidad de la isla de Tenerife (Islas Canarias) y Azores

### *Article 8. Content of toxic heavy metals (Hg, Pb and Cd) in deep sea sharks of Tenerife island (Canary Islands) and Azores*

Lozano, G.<sup>1\*</sup>; Báez, A.<sup>1</sup>; Gutiérrez, A. J.<sup>2</sup>; Hardisson, A.<sup>2</sup>; Lozano Soldevilla, F.<sup>1</sup>; Lozano, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad Departamental de Ciencias Marinas del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología (BIOANEG). Universidad de La Laguna. C/ Astrofísico Francisco Sánchez s/n. 38071 San Cristóbal de La Laguna, Tenerife. Islas Canarias. \* glozano@ull.edu.es

<sup>2</sup> Área de Toxicología. Facultad de Medicina de la Universidad de La Laguna, Campus de Ofra s/n. 38071 San Cristóbal de La Laguna, Tenerife. Islas Canarias.

## Resumen

Se dan los resultados del contenido de Hg, Pb y Cd en muestras de músculo y de hígado de seis especies de tiburones de profundidad capturados mediante palangres calados a profundidades entre 442 y 2000 m en Tenerife y entre 952 y 1825 m en Azores. Los contenidos de Hg, Pb y Cd del músculo en todas las especies y áreas se encuentra por debajo del máximo legal establecido (1,00 mg/kg ph), mientras que en los hígados el Hg y Cd sobrepasan el máximo legal fijado para el músculo (0,05 mg/kg ph) y el Pb se encuentra muy por debajo del máximo legal correspondiente (0,30 mg/kg ph), también para el músculo.

**Palabras clave:** Hg, Pb, Cd, Tiburones de profundidad, Tenerife, Azores.

## Abstract

*The results of the content of Hg, Pb and Cd are given in samples of muscle and liver of six species of deep-sea sharks caught by longlines set at depths between 442 and 2000 m in Tenerife and between 952 and 1825 m in the Azores. The contents of Hg, Pb and Cd of the muscle in all species and areas is below the established legal maximum (1,00 mg/kg ww), while in the livers, Hg and Cd exceed the legal maximum (0.30 mg/kg ww) and Pb is located well below the corresponding legal maximum (0.30 mg/kg ww).*

**Keywords:** Hg, Pb, Cd, Deep-sea sharks, Tenerife, Azores.

## 1. Introducción

El equipo de investigación TOXMAR (Toxicología y Contaminación Marina) de la Universidad de La Laguna (TOXMAR - ULL) mantiene desde 1972 una línea de investigación referida al estudio de los niveles de concentración de metales pesados en la flora y fauna marina de las Islas Canarias y costa noroeste de África.

En las Islas Canarias, hace cuarenta años la pesquería de tiburones de profundidad estaba muy extendida, principalmente en el sur de islas de Tenerife, La Palma y La Gomera. Era muy rentable, ya que aparte del consumo de su carne se obtenía el aceite de sus hígados por simple decantación (con un peso aproximado al 30% del peso total del ejemplar) por estar su uso muy extendido como lubricante para motores y diversos aparatos de precisión y también por la industria farmacéutica, debido a su elevada cantidad de vitamina A y escualeno.

Cuando se consiguió la síntesis de la vitamina A en laboratorio, el interés por la captura de estos tiburones de profundidad fue decayendo hasta su total desaparición a finales de los años 1970, pero hoy en día, cuando la sociedad vuelve a estar interesada en el uso de productos elaborados con sustancias naturales, el aceite de tiburón está siendo utilizado nuevamente con fines tanto terapéuticos como en la industria farmacológica. De hecho, en Madeira existía un comercio basado en estos productos, ya que esta pesquería ha sido tradicionalmente muy importante en la zona y aunque en la actualidad su pesquería está prohibida, se siguen consumiendo ejemplares que son capturados secundariamente en otras pesquerías o en pesca deportiva, lo cual es totalmente irregular.

El estudio del contenido de metales pesados y evaluación del riesgo toxicológico en estas especies de tiburones de profundidad se enmarca dentro de un proyecto financiado por la Secretaría General de Pesca del Gobierno de Canarias (Lozano; Báez y Hardisson, 1999), que se realizó hace más de quince años sobre el estudio de contenido de metales pesados, composición química general y bromatológica de especies de tiburón de los archipiélagos macaronésicos (Islas Canarias, Madeira y Azores). La ausencia de estudios posteriores nos impiden evaluar posibles incrementos o decrementos de los valores de contenido metálico en estas especies, pero creemos que esta serie histórica es de utilidad como referencia.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Material biológico

Todas las campañas llevadas a cabo en aguas de las Islas Canarias para la pesca de tiburones han sido realizadas en dos barcos: el *B/O Taliarte* y el *Ana Carmen*.

En el desarrollo del proyecto se utilizaron dos barcos: El *Ana Carmen* que era un barco artesanal de 8,5 m de eslora y 1,2 T.R.B., que contaba con una maquinilla viradora y no disponía de sistemas de ayuda a la navegación y el segundo el *B/O Taliarte*, perteneciente al extinto Instituto Canario de Ciencias Marinas del Gobierno de Canarias. En ambos tipos de campaña

se calaron palangres de profundidad para la captura de tiburones (verticales, horizontales y/o mixtos).

Los anzuelos utilizados fueron del tipo Mustad Blanco Doblado tamaño 10/0 y 6/0 en un número variable en la socala de 15 a 50.

Los ejemplares procedentes de Azores fueron obtenidos gracias a la campaña realizada por BIOANEG en aguas de las islas de Graciosa, São Jorge y Terceira, a bordo del *N/I Arquipélago* en coordinación con la Universidad de Azores.

Las especies objeto de estudio y contempladas en este trabajo son: *Centrophorus granulosus* (Schneider, 1801) (quelme/quelvacho); *Centrophorus niaukang* Teng, 1959<sup>1</sup> (remudo/quelva-cho chino); *Centrophorus squamosus* (Bonnaterre, 1788) (remudo rasposo/quelvacho negro); *Centroscymnus coelolepis* Bocage & Capello, 1864 (palluda/pailona); *Centroscymnus cryptacanthus* Regan, 1906 (rasqueta/pailona chata) y *Deania histricosa* Garman, 1906 (pejepato) (Tabla 1).

Los ejemplares fueron clasificados, etiquetados y conservados en neveras con hielo o en congeladores hasta su estudio en laboratorio, anotándose los datos de área de muestreo (coordenadas geográficas), profundidad de calado del palangre y tipo de palangre utilizado, fecha de captura, longitud total, peso y sexo de cada ejemplar.

Especie	Nombre común	Abundancia (número ejemplares)	
		Tenerife	Azores
<i>Centroscymnus cryptacanthus</i>	Rasqueta	5	3
<i>Centrophorus granulosus</i>	Quelme	7	0
<i>Centrophorus niaukang</i>	Remudo chino	2	0
<i>Centrophorus squamosus</i>	Remudo	4	4
<i>Centroscymnus coelolepis</i>	Palluda	21	17
<i>Deania histricosa</i>	Pejepato	6	1

Tabla 1. Lista de especies estudiadas por zona de muestreo.

<sup>1</sup> El género *Centrophorus* desde hace años está en revisión, pero recientemente se ha aceptado que *C. niaukang* es una forma juvenil de *C. granulosus* (White *et al.*, 2013, Verissimo *et al.*, 2014)

## 2.2. Estudio analítico

Para la preparación de las muestras y determinación de las mismas en el laboratorio se han seguido las indicaciones fijadas en la Directiva 2001/22 CE.

2.2.1. Hg. Para la determinación de Hg se ha utilizado la digestión húmeda de la muestra en  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4$  mediante vasos de teflón de baja presión PFA® en horno microondas CEM MDS-2000, realizándose la lectura, tras dilución hasta 50 ó 100 mL con  $\text{H}_2\text{O}$  bidestilada y desmineralizada, en un espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN ELMER 4100 ZL con generador de hidruros, sistema de inyección FIAS 400 y un muestreador automático AS 90 PERKIN ELMER (Kargin, 1996)

2.2.2. Pb y Cd. La determinación se hizo mediante la obtención de cenizas blancas mediante incineración en un horno-mufla ( $425 \pm 25$  °C), que posteriormente son tratadas con  $\text{HNO}_3$  y más tarde diluidas hasta 50 ó 100 mL con una disolución de  $\text{HNO}_3$  al 0,2 %, realizándose la lectura en el mismo espectrofotómetro de absorción atómica pero dotado esta vez con una cámara de grafito y un muestreador automático AS 70 PERKIN ELMER (Canli *et al.*, 1998).

En el caso de diversas muestras de hígado con gran concentración de metales, el límite de detección del aparato quedó superado por saturación, teniendo que utilizar como equipo sustituto un PERKIN ELMER 2100.

2.2.3. El estudio de recuperación analítica se realizó mediante la utilización de materiales de referencia suministrados por el NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA (NRC), DORM-2 (Dogfish Muscle Reference Material) y DOLT-2 (Dogfish Liver Reference Material), que proceden de músculo e hígado de *Squalus acanthias* (galludo moteado/mielga) en el caso de Pb y Cd. En el caso del Hg se utilizó material de referencia de distinta procedencia; BCR-278-R, procedente de tejido de *Mytilus* sp.

Todas las determinaciones del estudio de recuperación se encontraron dentro de los límites marcados por el método, demostrando la fiabilidad del procedimiento (Tabla 2).

Materiales	Hg (ng/ kg)	Pb (ng/ kg)	Cd (ng/ kg)
<b>Tejido de <i>Mytilus</i> sp. BCR-278-R</b>			
Valor de referencia	196±9		
Presente estudio	<b>195±10</b>		
<b>Músculo de <i>S. acanthias</i>, DORM-2</b>			
Valor de referencia		65,0±7,0	43,0±8,0
Presente estudio		<b>68,2±0,98</b>	<b>49,36±2,09</b>
<b>Hígado de <i>S. acanthias</i>, DOLT-2</b>			
Valor de referencia		220,0±20,0	20800,0±500,0
Presente estudio		<b>230,2±18,1</b>	<b>2015,0±450,0</b>

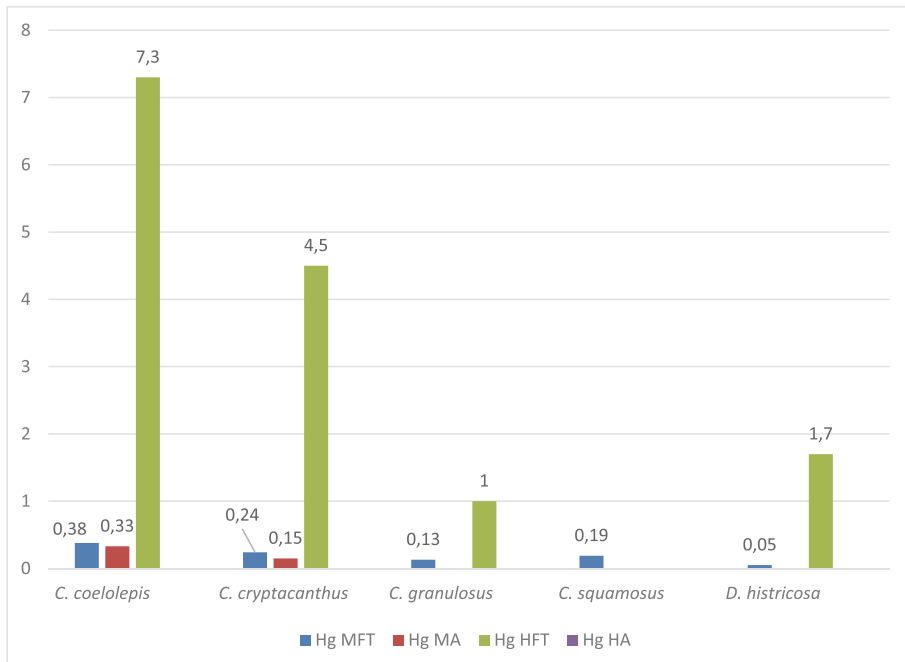
**Tabla 2.** Concentraciones de Hg, Pb y Cd en materiales de referencia certificados utilizados en el estudio.



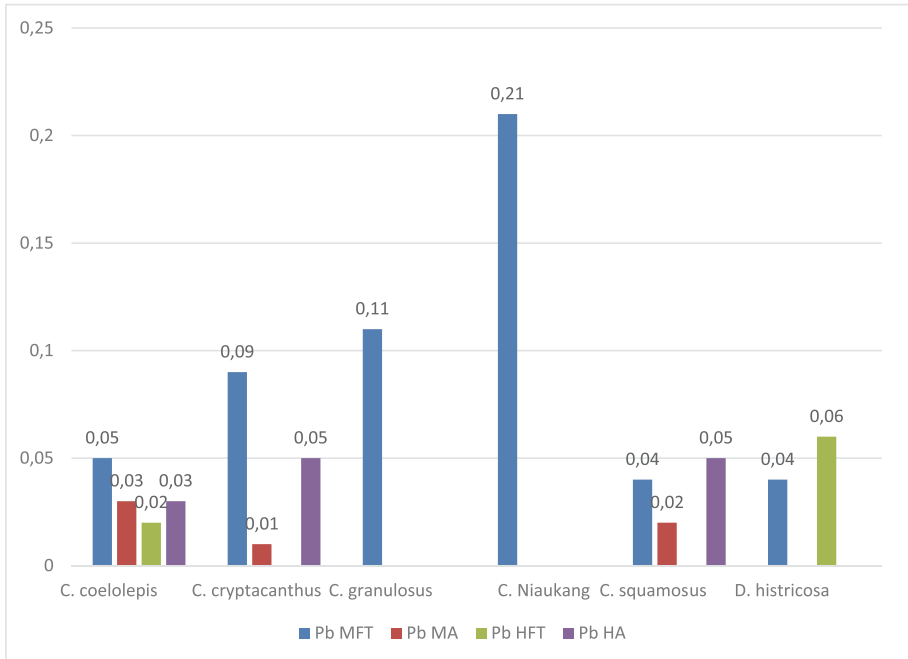
### 3. Resultados y discusión

La legislación europea sobre contenido máximo de metales tóxicos en pescado especifica unos valores máximos de contenido, expresados en mg/kg peso húmedo de 1,0 para Hg; 0,3 para Pb (Reglamento CE 1881/2006 y su posterior modificación mediante el Reglamento UE 488/2014) y 0,050 para Cd (Reglamento UE 488/2014), y estudiando los datos obtenidos en el estudio analítico de las muestras se observa que considerando los valores medios de contenido ninguna especie alcanza los máximos de Hg en músculo (el máximo corresponde a *Centroscymnus coelolepis* en Tenerife y Azores, con  $0,38 \pm 0,26$  y  $0,33 \pm 0,13$  mg/kg ph, respectivamente), sobrepasando todas las especies el máximo en el caso de los hígados (el máximo es  $7,30 \pm 6,00$  mg/kg ph en *Centroscymnus coelolepis* de Tenerife (Figura 1).

Respecto al Pb, considerando también contenidos medios, ninguna especie alcanza el máximo legal en músculo (el máximo corresponde a *Centrophorus niaukang* de Tenerife con  $0,21 \pm 0,29$  y en Azores a *Centroscymnus coelolepis* con  $0,03 \pm 0,01$  mg/kg ph, respectivamente), siendo los contenidos del hígado del mismo rango de valores en Tenerife y Azores y siempre muy por debajo del máximo legal (máximo de  $0,06 \pm 0,03$  mg/kg ph en *Deania histricosa* de Tenerife) (Figura 2).



**Figura 1.** Concentración de mercurio (mg/kg) en las diferentes especies y partes anatómicas. MTF = músculo especies de Tenerife. MA = músculo especies de Azores. HFT = hígado especies de Tenerife. HA = hígado especies de Azores.



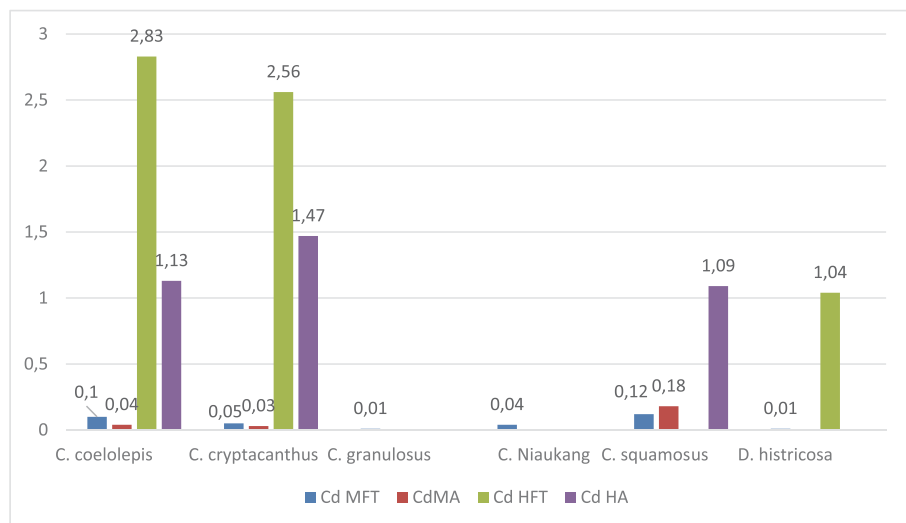
**Figura 2.** Concentración de plomo (mg/kg) en las diferentes especies y partes anatómicas. MTF = músculo especies de Tenerife. MA = músculo especies de Azores. HFT = hígado especies de Tenerife. HA = hígado especies de Azores.

El Cd presenta un valor medio máximo en músculo de  $0,12 \pm 0,10$  mg/kg ph en *Centrophorus squamosus* de Tenerife y  $0,18 \pm 0,17$  mg/kg ph en la misma especie en Azores, que está por encima del valor máximo permitido. Todas las especies muestran, además, valores de contenido de Cd en hígado muy superiores al máximo legal (permitido para el músculo), destacando *Centroscymnus coelelepis* de Tenerife con  $2,83 \pm 2,22$  mg/kg ph y *Centroscymnus cryptacanthus* de Azores con  $1,47 \pm 0,63$  mg/kg ph (Figura 3).

Se verifica, por tanto, que las especies no son aptas para el consumo humano por el alto contenido de cadmio presente en las mismas. Se debe tener especial cuidado con el aprovechamiento directo de los hígados porque, aparte de su utilización en la industria de extracción industrial de aceites para farmacología, cosmética, etc., es tradicional, o al menos lo era, el que las poblaciones insulares utilicen los aceites obtenidos por simple decantación de los hígados como un excelente laxante en sustitución del aceite de ricino.

#### 4. Agradecimientos

Los autores debemos mostrar nuestro agradecimiento a la Secretaría General de Pesca del Gobierno de Canarias por la financiación recibida para desarrollar el proyecto y al Prof. Ignacio José Lozano Soldevilla (†), investigador principal del proyecto “**Biology of some macarone-**



**Figura 3.** Concentración de cadmio (mg/kg) en las diferentes especies y partes anatómicas. MTF = músculo especies de Tenerife. MA = músculo especies de Azores. HTF = hígado especies de Tenerife. HA = hígado especies de Azores.

sian deep-sea commercial species”, que nos cedió cierto número de ejemplares de tiburones para este estudio.

## 5. Referencias

Canli, M.; Ay, Ö.; Kalay, M. (1998). Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Tr. J. Zool.* 22, pp. 149-157.

Hardisson, A.; Báez, A.; González, T.; Pascual, P.; Lozano, G. (1997). Trace metal content in deep-water sharks from the canarian seawaters. *Vet. Pharmacol. Therap.* 20 - 1, pp. 283 - 284.

Kargin, F. (1996). Seasonal changes in levels of heavy metals in tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from Iskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air, Soil, Poll.* 90, pp. 557-562.

Lozano, G.; Báez, A. (1999). Estudio del contenido de metales pesados en tiburones de profundidad de las Islas Canarias. *Industrias Pesqueras.* 4, pp. 71-74.

Lozano, G.; Báez, A.; Hardisson, A. (1999). Estudio del contenido de metales pesados en tiburones de profundidad de las Islas Canarias, Madeira y Azores. *Informe Final del Proyecto. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación (Viceconsejería de Pesca) del Gobierno de Canarias.* pp. 1-50

Lozano, G.; Báez, A.; Brito, A.; Hardisson, A.; Gutiérrez, A.J.; Lozano, I.J.; Pascual, P.; Sancho, A. (2009). Content of lead and cadmium in Barred hogfish (*Bodianus scrofa* (Valenciennes, 1839)), Island grouper (*Mycteroperca fusca* (Lowe, 1838)) and Portuguese dogfish (*Centroscymnus coelelepis* (Bocage and Capello, 1864)), from the Canary Islands. Spain (Central-East-Atlantic). *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology.* 83-4, pp. 591-594.

Lozano, G. (2010). *Metales pesados: Estudio toxicológico de especies y ali-*

*mentos marinos en las Islas Canarias.* Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, 2010. ISBN 978-84-7756-973-2. pp. pp. 1-93

Reglamento (CE) N° 1881/2006 de 19-12 (DOL 364 de 20-12) por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

Directiva 2001/22/CE de la Comisión, de 8 de marzo de 2001, por la que se fijan métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial del contenido máximo de plomo, cadmio, mercurio y 3-MCPD en los productos alimenticios (DOUE-L-2001-80628).

Reglamento (UE) N° 488/2014 de 12-5 (DOL 138 de 13-5) que modifica el Reglamento 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio, en los productos alimenticios.

## Artículo 9. Porifera del cañón de la Gavierra (sistemas de cañones de Avilés, mar Cantábrico)

### *Article 9. Porifera of Gavierra Canyon (Aviles Canyon System, Cantabrian Sea)*

Ríos, P.<sup>\*1,2</sup>; Cristobo, J.<sup>1,2</sup>; Sánchez, F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Gijón,c/ Príncipe de Asturias 70 bis, 33212 Gijón, Asturias.

<sup>2</sup> Departamento de Zoología y Antropología Física. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid.

<sup>3</sup> Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Santander. Promontorio San Martín s/n, 39004, Santander, Cantabria.

\* pilar.rios@ieo.es; pilar.rios.lopez@gmail.com

## Resumen

El cañón de la Gaviera (CG) se localiza dentro del sistema de cañones de Avilés, un área compleja, controlada estructuralmente en la mar Cantábrico, constituida por tres cañones principales, siendo La Gaviera uno de ellos, y otros cañones tributarios menores. Existen además una plataforma marginal, así como salientes rocosas relevantes en esta zona norte del margen continental ibérico.

Este cañón ofrece las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de esponjas y corales de agua fría (Sánchez *et al.*, 2014). Su morfología general es inusual, ya que es totalmente diferente de los otros cañones del Sistema de Cañones de Avilés y Navia, que tienen secciones transversales claras en forma de V, mientras que CG muestra una sorprendente sección transversal en forma de U. Se ha llevado a cabo un importante esfuerzo de muestreo en la zona durante el proyecto INDEMARES incluyendo una descripción geomorfológica completa, transectos visuales directos, diseños experimentales basados el fondeo de Landers, correntímetros y muestreos bentónicos por medio de dragas para determinar la biodiversidad asociada a los arrecifes y fondos rocosos.

En el presente estudio se hace una relación de la biodiversidad de Poríferos del Cañón de la Gaviera y su descripción se actualiza utilizando los datos recogidos mediante draga de roca y completados por ROV Liropus 2000, y el trineo fotogramétrico Politolana del Instituto Español de Oceanografía (IEO). Un total de 333 ejemplares vivos se han registrado dentro de este cañón en el rango de profundidad 550-1533 m. La mayoría de ellos están asociados a los arrecifes de coral batial. Las escleractinias *Madrepora oculata* Linnaeus, 1758 y *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758) son las principales especies de corales coloniales en el cañón y su compleja estructura tridimensional proporciona nichos ecológicos para una gran diversidad de especies asociadas, particularmente a las esponjas. Estos animales, utilizan la estructura de coral como sustrato y presentan diferentes formas de crecimiento como formas huecas (como géneros *Desmacella*, *Haliclona*), costras híspidas delgadas (*Hymedesmia*, *Thrombus*, *Microciona*, *Hamacantha*, *Mycale*), masivas (*Regadrella*, *Aphrocallistes*, *Phakellia*, *Geodia*, *Pachastrella*) o excavadoras (*Siphonodictyon*).

Este filo está claramente dominado en la zona por representantes de la clase Demospongiae (93%) y dos especies de la Clase Hexactinélida (7%): *Regadrella phoenix* Schmidt, 1880 y *Aphrocallistes beatrix* Gray, 1858. Entre Demospongiae, el orden más abundante es Poecilosclerida con casi la mitad de los especímenes recolectados; *Hymedesmia*, *Hamacantha* y *Latrunculia* son los géneros más frecuentes. Tetractinélida (19%) es un taxón común por la presencia de los géneros *Geodia*, *Calthropella*, *Pachastrella* y *Thrombus*. Otros órdenes son Halichondrida (7%), Haplosclerida (6%), Hadromerida (2%), Lithistida (1%) y Spirophorida (1 espécimen).

**Palabras clave:** Porifera, Sistema Cañones Avilés, Mar Cantábrico, Biodiversidad, Taxonomía.

## Abstract

*La Gaviera Canyon is located in the Avilés Canyon System, a complex, structurally-controlled area in the Cantabrian Sea (southern Bay of Biscay), constituted by three main canyons, the La Gaviera Canyon being one of these, and some other minor tributaries. There is also a marginal platform and a relevant rocky outcrop in this area of the north Iberian continental margin.*

*This canyon provides suitable environmental conditions for sponges and cold-water corals to grow (Sanchez et al., 2014). Its general morphology is unusual, as it is totally different from the other canyons of the Avilés Canyon System and Navia Canyon, which have clear cross-sections in a V shape, while GC shows a striking U-shaped cross section. High sampling effort was performed in this area during the INDEMARES project including a complete geomorphological description, direct visual transects, experimental designs based on moorings of landers and current meter lines and samplings using dredges to determine the biodiversity associated with the reef and rocky bottoms.*

*Porifera Biodiversity of La Gaviera Canyon is summarized and its description is updated using data collected by means of rock dredge and completed by ROV Liropus 2000 and photogrammetric sledge Politolana of the Spanish Institute of Oceanography (IEO). A total of 333 living specimens have been recorded within La Gaviera canyon in the depth range 550–1533 m. Most of them are associated with bathyal coral reefs. The scleractinian Madrepora oculata Linnaeus, 1758 and Lophelia pertusa (Linnaeus, 1758) are the main colonial species corals in the canyon and have a complex three dimensional structure providing ecological niches for a large diversity of associated species in particular sponges. Sponges use the coral structure as hard substrate and they could be assigned to different growth forms as Hollow bladder-like forms (genera Desmacella, Haliclona), thin, hispid crusts (Hymedesmia, Thrombus, Microciona, Hamacantha, Mycale), massive (Regadrella, Aphrocallistes, Phakellia, Geodia, Pachastrella) or scavating (Siphonodictyon).*

*Porifera are clearly dominated by Class Demospongiae (93%) and two species of Class Hexactinellida (7 %): Regadrella phoenix Schmidt, 1880 and Aphrocallistes beatrix Gray, 1858.*

*Among Demospongiae, the most abundant order is Poecilosclerida with almost a half of the collected specimens; Hymedesmia, Hamacantha and Latrunculia are the genus most abundant. Tetractinellida (19 %) is common taxon by the presence of genus Geodia, Calthropella, Pachastrella and Thrombus. Other orders are Halichondrida (7%), Haplosclerida (6%), Hadromerida (2 %) and Lithistida (1%) and Spirophorida (1 specimen).*

*Keywords:* Porifera, Aviles Canyon System, Cantabrian Sea, Biodiversity, Taxonomy.

## 1. Introducción

El bentos de los ecosistemas profundos del mar Cantábrico ha sido escasamente estudiado. Unos de los primeros datos sobre la fauna profunda de esta zona fue aportado por las campañas oceanográficas del Príncipe Alberto I de Mónaco en aguas del golfo de Vizcaya (1885-1915), cuyos resultados se publicaron en monografías científicas del Museo Oceanográfico de Mónaco (Pictet & Bedot, 1900; Jourdan, 1985; Thomson, 1927 entre otros).

Las esponjas fueron estudiadas por Topsent, 1928 que publicó los resultados de la campaña del Hirondele, 1885 en la costa de Asturias. En 1985 el IFREMER (Institute Français de recherche pour l'exploitation de la mer publicó los resultados de las campañas oceanográficas BIOGAS llevadas a cabo en el Golfo de Vizcaya donde se recogieron citas de fauna profunda aunque curiosamente ninguna de esponjas.

En el cañón de Avilés el Proyecto COCACE de la Universidad de Oviedo realizó una serie de dragados profundos cuyos resultados principalmente en lo referente a los Cnidarios fueron publicados por Álvarez-Claudio (1993a, 1993b, 1994) y por Cristobo *et al* (2009) que redescubrieron una rara especie de esponja: *Podospongia loveni* Bocage 1869, además del recopilatorio de Louzao *et al*, 2010.

Un estudio pormenorizado de este cañón fue publicado por Sánchez *et al* (2014) en el que por primera vez se hacía un estudio de su geomorfología y sedimentología, hidrografía, dinámica de las masas de agua y de la biodiversidad de la fauna bentónica.

## 2. Área de estudio

Los cañones submarinos son valles que encajan profundamente en la plataforma y talud continental y desembocan en las llanuras abisales, siendo los principales conductos de materia y energía desde la zona emergida hasta las profundidades.

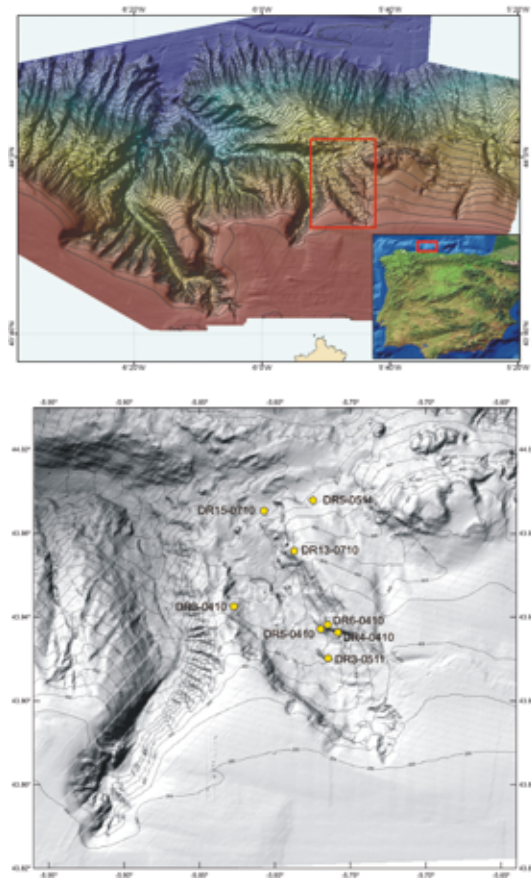
El cañón de la Gavierna está situado al este del Sistema de Cañones de Avilés donde, en el entorno del proyecto INDEMARES (2010-2013), se han identificado ecosistemas marinos vulnerables. En esta zona del margen del norte ibérico continental hay una plataforma marginal y un afloramiento relevante rocoso y posee, al contrario que la mayoría de los cañones submarinos del Cantábrico, una sección en forma de U, mientras que la mayoría tienen forma de V (Gómez-Ballesteros *et al* 2014).

Este cañón proporciona condiciones ambientales convenientes para el desarrollo de corales de aguas frías y esponjas (Sánchez *et al.*, 2014).

EL cañón de la Gavierna está situado entre 43°52'30"N y 44°00'N y entre 05°42'30"W y 05°52'30"W. (Fig. 1)

## 3. Material y métodos

El material estudiado se compone de 184 ejemplares recolectados en cuatro campañas de muestreo del proyecto INDEMARES-Avilés a bordo de los buques Oceanográficos Vizconde



**Figura 1.** Localización del cañón de la Gaviera en el sistema de cañones de Avilés con ubicación de las estaciones de muestreo. *Location of the Gaviera Canyon in the Avilés Canyon System with the position of the sampling stations.*

de Eza (SGM) en abril de 2010 y mayo de 2011, Thalassa (IFREMER/IEO), en julio de 2010 y Ramón Margalef (IEO), en mayo de 2012. (Fig. 2).

La mayor parte de los ejemplares se obtuvieron mediante métodos indirectos por medio de una draga de roca que era arrastrada por la popa del buque mediante un cable de longitud al menos 1,8 veces la profundidad. La velocidad de arrastre era la mínima posible, oscilando entre 1,5 y 2 nudos lo que permitió la obtención de muestras de sustratos duros y sedimentos semiconsolidados. Se realizaron arrastres de una duración variable según la complejidad estructural de la zona pero que en general eran de corta duración para minimizar el impacto sobre los fondos y al mismo tiempo conseguir unas muestras que son imprescindibles para caracterizarlos. La draga de roca está formada por una estructura metálica robusta y rectangular, unida a una red que va protegida por unas bases de cuero, goma o parpalla (cabos sintéticos de protección) o una combinación de ambas que sirven como material de sacrificio que impidiera el deterioro y





**Figura 2.** Equipos, técnicas y métodos de muestreo empleados en el estudio. *Sampling equipment, techniques and methods used in the study.* A) B/O Vizconde de Eza (53 m eslora/length). B) B/O Thalassa (74.5 m eslora/length). C) B/O Ramón Margalef 46.7 m eslora/length). D) Draga de Roca/Rock dredge. E) ROV Liropus 2000. F) Trineo fotogramétrico Politolana/Politolana photogrammetric sledge.

enganche de la red al rozar contra las rocas. Al desplazarse arrastrando sobre el fondo marino, la boca metálica rectangular, rompe fragmentos de roca que son depositados en el interior de la red y recogidos posteriormente en superficie al izar la draga. Para el arrastre de la draga de roca se empleó la maquinilla de pesca. La velocidad de arrastre debe ser lo más baja posible, entre 1 y 3 nudos como máximo. La draga empleada en las diferentes campañas del proyecto INDEMARES, presentaba unas dimensiones de 0,8 m de ancho y 0,3 m de altura, con un tamaño de malla de 10 mm. Para cada lance se realizaba un protocolo seguido habitualmente por el equipo de bentos del IEO. De este modo se han realizado un total de 8 dragados con esta técnica en toda la zona del cañón de la Gaviera entre 510 y 1533 metros de profundidad. Todo el material recogido por la draga de roca se procesó a bordo. De cada muestra se realizaba un triado o separación manual de todos los organismos epibentónicos de las rocas y bioconstrucciones (separación manual con la ayuda de una torre de tamizado para la fracción menor). Los ejemplares más pequeños fueron colocados en bandejas para su posterior identificación. A continuación se hacía una pre-identificación a bordo hasta el nivel taxonómico más bajo posible. El material biológico seleccionado fue fotografiado, fijado y conservado en etanol al 70% para su posterior estudio en el laboratorio.

Además de ejemplares del filo Porifera, se recogieron otras muchas especies de invertebrados marinos. Por lo tanto, el procesado de las muestras requirió un tratamiento mucho más laborioso para la identificación de la fauna bentónica. Cada grupo zoológico exige unas técnicas de estudio específicas como métodos histológicos o el uso de herramientas adicionales como el microscopio electrónico de barrido o incluso identificaciones mediante marcadores genéticos.

Concretamente para el estudio de las esponjas se siguieron los métodos descritos en Cristobo *et al* (1993) para la preparación de los elementos espiculares, de la disposición esquelética y estudio mediante microscopio electrónico de barrido (SEM). El microscopio empleado ha sido un JEOL-6100 del servicio de microscopía electrónica de la Universidad de Oviedo.

El uso de herramientas complementarias como los robots submarinos (ROVs) (Remote Operated Vehicle) han sido de gran utilidad y complementan en gran medida la información obtenida por métodos indirectos como las dragas pero no pueden sustituir la información que proporcionan las primeras ya que se necesita disponer de los ejemplares en el laboratorio para proceder a su correcta identificación. Por otro lado muchas de las muestras son poco visibles y de difícil acceso su recolección por medio de los brazos articulados del ROV. En cualquier caso el ROV empleado ha sido un Liropus 2000 perteneciente al Instituto Español de Oceanografía.

Por *último* se ha empleado el trineo fotogramétrico Politolana, diseñado en el IEO de Santander (Sánchez y Rodríguez, 2013), que utiliza una cámara de vídeo de alta definición (1920 x 1080 pixels) e iluminación y con el que se han podido filmar y fotografiar los fondos y obtener de este modo una información de los hábitats muy valiosa.

#### 4. Discusión y conclusiones

Se han encontrado dos zonas de arrecifes de corales vivos de aguas frías: un arrecife de coral denso escalonado, en fondos rocosos de los flancos este y oeste así como en el suelo del cañón y en montañas carbonatadas (20-30 m de altura) en el fondo del cañón. *Madrepora oculata* y *Lophelia pertusa* son las especies dominantes que aumentan la complejidad del hábitat y la diversidad biológica en relación con otras facies descritas en el cañón.

La presencia de arrecifes de coral de aguas frías está directamente relacionada con una elevada energía medioambiental, desde justo por debajo del límite inferior del agua central del NE Atlántico (ENACW) al núcleo del agua Mediterránea (MW). En este cañón se han observado corales vivos en zonas donde la densidad del agua es 27,35-27,65 kg/m<sup>3</sup>, valores que concuerdan con los observados en la distribución de corales de aguas frías en el Atlántico Norte.

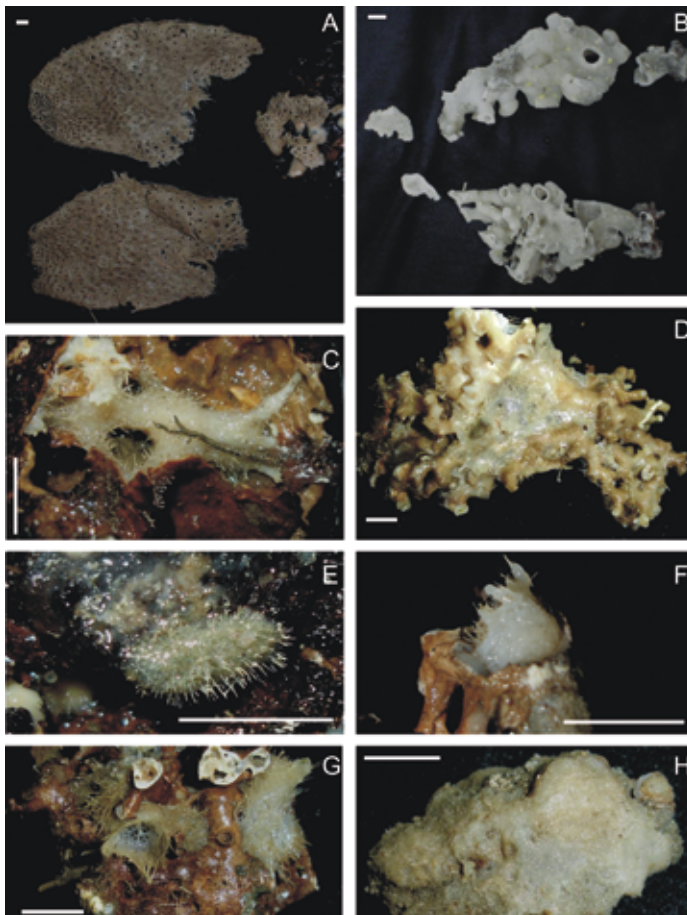
La megafauna epibentónica que domina en el cañón, tanto en biomasa como en diversidad, son especies de los filos Porifera, Cnidaria y Echinodermata, considerados componentes de ecosistemas marinos vulnerables por verse muy afectados por artes de pesca de arrastre y otras alteraciones humanas.

Se han recolectado 39 especies de esponjas: 37 de la Clase Demospongiae Sollas, 1885 y 2 de la Clase Hexactinellida Schmidt, 1870. Todos los ejemplares de la Clase Demospongiae fueron identificados a nivel genérico y 14 a nivel específico (Tabla 1).

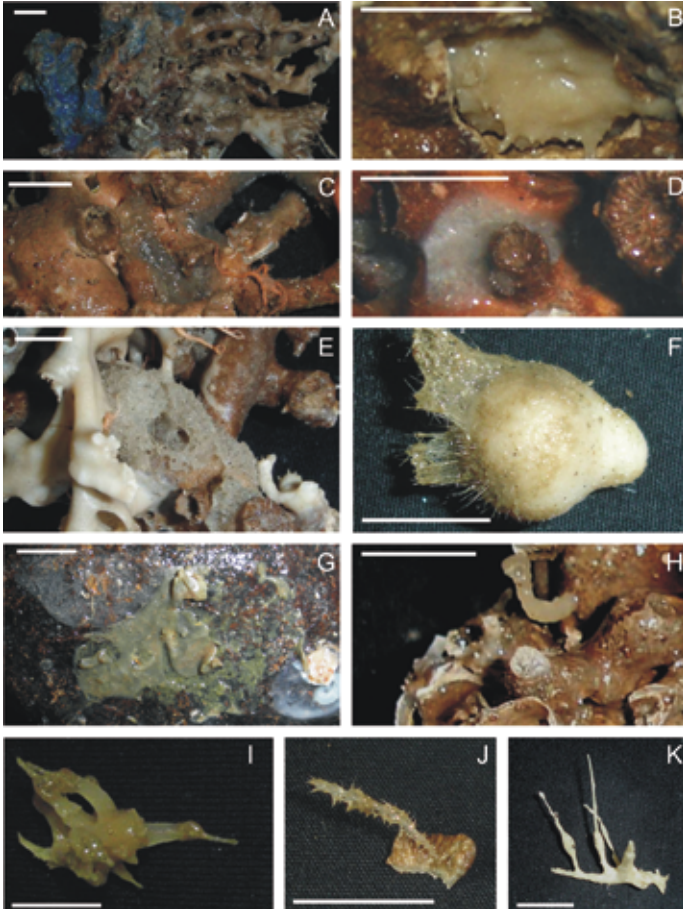
Porifera: Grant, 1836	DR30410	DR40410	DR50405	DR60405	DR130710	DR150710	DR030511	DR050511	Prof (m)	Abundancia
<b>Hexactinellida Schmidt, 1870</b>										
<i>Regadella phoenix</i> Schmidt, 1880									776-1228	7
<i>Aphrocalistes beatrix</i> Gray, 1858									700-1228	11
<b>Demospongiae Sollas, 1885</b>										
<i>Cramella</i> sp									700	1
<i>Poecilastrea compressa</i> (Bowerbank, 1866)									776	1
<i>Calthipella (Calthipella) geoidaloides</i> (Carter, 1876)									776	1
<i>Geddia</i> sp									700	6
<i>Geddia nodostrella</i> Carter, 1876									776	2
<i>Pachastrella</i> sp									700	2
<i>Pachastrella ovisternata</i> Lendenfeld, 1894									688-700	3
<i>Characella pachastrellaloides</i> (Carter, 1876)									700-893	5
<i>Nathea amygdaloides</i> (Carter, 1876)									700-908	7
<i>Vulcanella</i> sp									776-908	6
<i>Vulcanella aberrans</i> (Maldonado & Uitz, 1996)									776-908	4
<i>Vulcanella gracilis</i> (Sollas, 1888)									908	1
<i>Thrombus abyss</i> (Carter, 1873)									769-1228	4
<i>Polymastia</i> sp									776	1
<i>Lithistida</i> indet									893	1
<i>Lophon</i> sp									1228	1
<i>Placaminone hystrix</i> (Ridley & Dutton, 1881)									769-908	18
<i>Clathra (Micraciona)</i> sp									776	1
<i>Desmacella</i> sp									688-908	19
<i>Hymedesmia (Hymedesmia) paupertas</i> (Bowerbank, 1866)									688-1228	31
<i>Hymedesmia (Hymedesmia)</i> sp									688-908	9
<i>Hymedesmia (Stylopus)</i> sp									769-893	3
<i>Placaminida</i> sp									776	1
<i>Hamigera</i> sp									776	1
<i>Chondrocladia</i> sp									1228	1
<i>Achestopluma</i> sp									776-908	2
<i>Cladorhiza</i> sp									908	2
<i>Hamacantha (Hamacantha) johnsoni</i> (Bowerbank, 1864)									790-893	4
<i>Hamacantha (Hamacantha) lundbecki</i> Topsent, 1904									893	1
<i>Mycale</i> sp									1228	1
<i>Tedania</i> sp									908	2
<i>Latrunculia</i> sp									688-908	14
<i>Phakellia robusta</i> Bowerbank, 1866									1228	2
<i>Phakellia</i> sp									769	1
<i>Siphonodyction</i> sp									769-776	4
<i>Haliclona (Cellius) sp1</i>									776-893	2
<i>Haliclona (Cellius) sp2</i>									1228	1

Tabla 1. Especies del filo Porifera en el Cañón de la Gaviera. Datos de presencia, profundidad y abundancia. Species of Phylum Porifera in the Gaviera Canyon. Data of presence, depth and abundance.

La especie más común, *Hymedesmia* (*Hymedesmia*) *paupertas* (Bowerbank, 1866), está presente en las 8 estaciones muestreadas (31 ejemplares). La mayoría de las especies más frecuentes son epibiontes e incrustantes en *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*, como *Desmacella* sp y *Latrunculia* sp presentes ambas en 6 estaciones (19 y 14 ejemplares respectivamente) y *Plocamione hystrix* (Ridley & Duncan, 1881), con 18 ejemplares en 5 estaciones. Las especies de gran porte, que conforman los campos de esponjas, pertenecen al Orden Tetractinellida Marshall, 1876: *Geodia* spp, *Pachastrella* spp, *Poecillastra compressa* (Bowerbank, 1866), *Calthropella* (*Calthropella*) *geodioides* (Carter, 1876) y *Characella pachastrelloides* (Carter, 1876) y a la Clase Hexactinellida: *Regadrella phoenix* Schmidt, 1880 y *Aphrocallistes beatrix* Gray, 1858 (Fig.3) (Fig. 4).



**Figura 3.** Esponjas recolectadas en el cañón de la Gaviera. *Sponges collected in the Gaviera Canyon.*  
 A) *Regadrella phoenix* Schmidt, 1880. B) *Aphrocallistes beatrix* Gray, 1858. C) *Characella pachastrelloides* (Carter, 1876). D) *Hamacantha* (*Hamotantha*) *johnsoni* (Bowerbank, 1864). E) *Plocamione hystrix* (Ridley & Duncan, 1881). F) *Nethea amygdaloides* (Carter, 1876). G) *Vulcanella aberrans* (Maldonado & Uriz, 1996). H) *Pachastrella ovisternata* Lendenfeld, 1894.



**Figura 4.** Esponjas recolectadas en el cañón de la Gaviera. *Sponges collected in the Gaviera Canyon.*  
A) *Hymedesmia (Hymedesmia) paupertas* (Bowerbank, 1866). B) *Thrombus abyssi* (Carter, 1873).  
C) *Desmacella* sp. D) *Hymedesmia (Hymedesmia)* sp. E) *Haliclona (Gellius) sp2*. F) *Geodia nodastrella* Carter, 1876. G) *Latrunculia* sp. H) *Siphonodyction* sp. I) *Chondrocladia* sp. J) *Asbestopluma* sp. K) *Cladorhiza* sp.

También son frecuentes especies de la Familia Cladorhizidae Dendy, 1922, caracterizadas por no tener sistema acuífero, empleado en la mayoría de las esponjas para filtrar el agua y alimentarse generalmente de bacterioplancton. Las esponjas pertenecientes a esta familia son carnívoras y se alimentan de pequeñas presas como copépodos (Vacelet & Boury-Esnault, 1995). En el cañón de La Gaviera hay representantes de los géneros *Chondrocladia* Thomson, 1873, *Asbestopluma* Topsent, 1901 y *Cladorhiza* Sars, 1872, entre 776 y 1228 m de profundidad.

En el flanco Este del cañón se identificaron diferentes agrupamientos en la distribución espacial de la megafauna epibentónica uno de los que cuales estaba representado por la presencia de la esponja *Phakellia robusta* Bowerbank, 1866 que se situaba en la frontera superior del flanco. El área inferior del mismo se corresponde con zonas de baja densidad de corales, tanto

vivos, como muertos, lo que permite el desarrollo de grandes antipatarios del género *Leiopathes* Haime, 1849 y las esponjas *Regadrella phoenix* y *Aphrocallistes beatrix*.

## 5. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el soporte técnico prestado por Daniel González del Centro Oceanográfico de Gijón (IEO) en la realización de las preparaciones microscópicas de los elementos esqueléticos y el proporcionado por Alfredo Quintana del servicio de microscopía electrónica de la Universidad de Oviedo en la utilización del microscopio electrónico de barrido.

Un agradecimiento muy especial a la tripulación de los buques oceanográficos Ramón Margalef, Vizconde de Eza y Thalassa por su profesionalidad durante las campañas.

Este estudio ha sido parcialmente financiado por la Comisión Europea a través de la convocatoria Life + "Nature and Biodiversity" e incluido en el proyecto INDEMARES (07/NAT/E/000732). La coordinación del proyecto se ha realizado a través de la Fundación Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

This research has been performed in the scope of the SponGES project, which received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 679849.

La campaña INDEMARES 0512, se desarrolló en el B/O Ramón Margalef cuya construcción tuvo lugar en el marco del Programa FEDER, FICTS-2011-03-01 empleándose el sistema LIROPUS (FICTS-2010-01-1).

## 6. Referencias

**Álvarez Claudio, C.** (1993a). Octocoralararios (Cnidaria: Anthozoa) de la plataforma y talud continental de Asturias (Mar Cantábrico). *Thalassas*, 11: 87-92.

**Álvarez Claudio, C.** (1993b). Hidrozoos bentónicos y catálogo de antozoos de la plataforma y talud continentales de la costa central de Asturias. Tesis doctoral inédita, Universidad de Oviedo: 1-458, figuras 1-75, láminas 1-33.

**Álvarez Claudio, C.** (1994). Deep-water Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) from southern Biscay Bay. *Cahiers de Biologie marine*, 35: 461-469, figura 1.

**Cristobo, J., Ríos, P., Sánchez, F. & Anadón, R.** (2009). Redescription of the rare species *Podosporgia loveni* (Porifera) from the Cantabrian Sea. *Continental Shelf Research* 29, 1157-1164.

**Cristobo, F.J.; Urgorri, V.; Solórzano, M.R. & Ríos, P.** (1993). Métodos de recogida, estudio y conservación de las colecciones de Poríferos. *Int. Symp. & First World Congress on Preserv. and Conserv. of Nat. Hist. Col. 2*: 277-287.

**Gómez-Ballesteros, M., Druet, M., Muñoz, A., Arrese, B., Rivera, J., Sán-**

**chez, F., Cristobo, J., Parra, S., García-Alegre, A., González-Pola, C., Callastegui, J., Acosta, J.** (2014) Geomorphology and sedimentary features of the Avilés Canyon System. Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Deep-Sea Res. II*, (doi: 10.1016/j.dsr2.2013.12.014).

**Jourdan, E.** (1895). Zoanthaires provenant des campagnes du yacht l'Hirondelle (Golfe de Gascogne, Açores, Terre-Neuve). *Résultats des Campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco*, 8: 1-36, laminae 1-2.

**Louzao M., Anadón N, Arrontes J., Álvarez-Claudio C., Fuente D.M., Ocharan F., Anadón A., Acuña J.L.** (2010). Historical macrobenthic community assemblages in the Avilés Canyon, North Iberian Shelf: Baseline biodiversity information for a marine protected area. *Journal of Marine Systems* 80, 47-56

**Pictet, C. & Bedot, M.** (1900). Hydraires provenant des campagnes de l'«Hirondelle» (1886-1888). *Résult. Camp. scient. Prince de Monaco* 18 : 1-59, pls 1-10.

**Sanchez, F., González-Pola, C., Druet, M., García-Alegre, A., Acosta, J., Cristobo, J., Parra, S., Ríos, P., Altuna, A.,**

**Gómez-Ballesteros, M., Muñoz-Recio, A., Rivera, J., Díaz del Río, G.** (2014). Habitat characterization of deep-water coral reefs in La Gavierra Canyon (Avilés Canyon System, Cantabrian Sea). *Deep-Sea Research II* <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.12.014>.

**Sánchez, F. & Rodríguez, J.M.** (2013). POLITOLANA, a new low cost towed vehicle designed for the characterization of the deep-sea floor. *Instrumentation Viewpoint*. 15, 69 - 69.

**Thomson, J.A.** (1927). Alcyonaires provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco. *Résultats des Campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco*, 73: 1-77, laminae 1-6.

**Topset, E.** (1928). Spongiaires de l'Atlantique et de la Méditerranée provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco. *Résultats des campagnes scientifiques accomplies par le Prince Albert I. Monaco*.74:1-376, pls I-XI.

**Vacelet J. & Boury-Esnault, N.** (1995) Carnivorous sponges *Nature* 373: 333-335.



Artículo 10. *Triptolemma intextum* (Carter, 1876) (Porifera), una rara esponja del banco de Galicia

*Article 10. Triptolemma intextum (Carter, 1876) (Porifera), a rare sponge of Galicia Bank*

Ríos, P.<sup>\*1,3</sup>; Xavier, J.<sup>2</sup>; Cristobo, J.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Gijón, Av. Príncipe de Asturias 70 bis, 33212 Gijón, Asturias, Spain. pilar.rios@gi.ieo.es

<sup>2</sup> Centre for Geobiology and Department of Biology, University of Bergen, Thormøhlensgate 53A/B, N-5020 Bergen, Norway

<sup>3</sup> Departamento de Zoología y Antropología Física. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid, Spain.

\* pilar.rios@ieo.es; pilar.rios.lopez@gmail.com



## Resumen

En el presente trabajo se describe una rara especie de esponja *Triptolemma intextum* (Carter, 1876), recogida en el Banco de Galicia durante la expedición INDEMARES 0810 a 999 metros de profundidad.

Desde la descripción original de esta especie bajo el nombre de *Pachastrella intexta*, procedente del sur de cabo San Vicente (Portugal) a 684 m, no se había vuelto a recoger, por lo que está considerada como una especie rara.

Los especímenes son masivos, rellenando cavidades en sustratos duros (rocas calcáreas), de color beige/crema cuando están vivos; superficie con una fina hispidadación y un simple ósculo. Las espículas son caltropas, dicocaltropas, microrabdes y anfiásteres.

Se fotografían por primera vez sus elementos espiculares con microscopio electrónico de barrido.

La zona donde fue recolectada, el banco de Galicia, es una montaña submarina situada aproximadamente a 180 km de la costa más cercana, al oeste del margen continental de Galicia (Noreste Atlántico), limitando con las planicies abisales del golfo de Vizcaya e Ibérica respectivamente.

**Palabras clave:** Porifera, Banco de Galicia, Fauna profunda, Proyecto Indemares, especies raras.

## Abstract

*In the present work there describes a rare species of Sponge, Triptolemma intextum (Carter, 1876), collected in Galicia Bank during INDEMARES 0810 expedition at 999 meters depth.*

*Since the original description of the species under the name Pachastrella intexta, proceeding from south of Cape San Vicente (Portugal) at 684 m, there isn't any additional collect; for this reason, it is considered a rare species.*

*The specimens are massive, refilling cavities in hard substrata (calcareous rocks), beige/cream in colour, when alive; surface with thin hispidadation and a simple oscule. The spicules are caltropas, dicocaltropas, microrabdes and amphiasters.*

*Its spicular elements are photographed by the first time by scanning electronic microscope (SEM).*

*The zone where it was collected, Galicia Bank, is a seamount located 180 km of the nearest coast, to the west of the continental margin of Galicia (NE Atlantic), bordering on the abyssal plains of Biscay Bay and Iberian plain.*

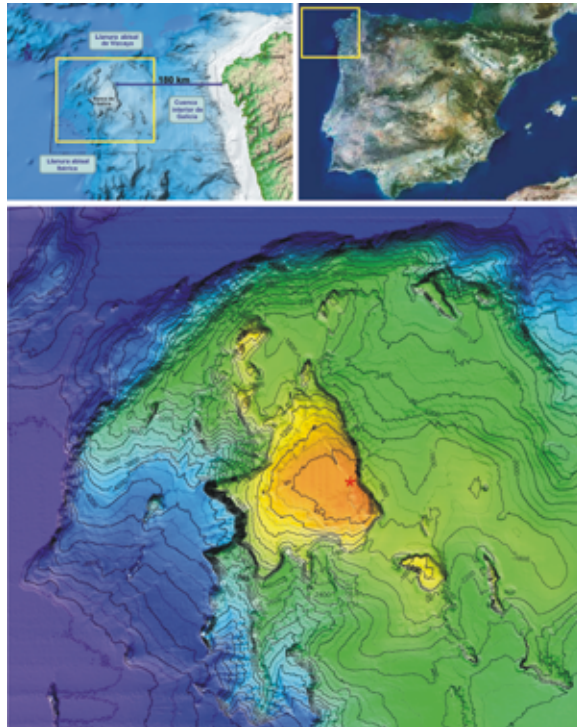
**Keywords:** Porifera, Galicia Bank, Deep-Sea Fauna, Indemares Project, rare species.

## 1. Introducción

El banco de Galicia es una gran montaña submarina situada a unos 180 Km al oeste de la costa gallega cuya cima en forma de plataforma triangular, se localiza a 650 m de profundidad. Está delimitado al norte y al oeste por las llanuras abisales ibérica y del golfo de Vizcaya respectivamente desde donde se eleva unos 3500 m (Druet *et al*, 2009). Esta inclinado hacia el noroeste y tiene una longitud de 58 kilómetros en dirección noroeste-suroeste y de 75 kilómetros en dirección noreste-suroeste. La cima ocupa una superficie de 1844 km<sup>2</sup> (de la Torriente *et al*, 2014).

Se localiza en un área de afloramientos estacionales, siendo sus aguas particularmente ricas en nutrientes y producción primaria. Esta zona está influenciada por la vena de agua mediterránea que se forma en el golfo de Cádiz y fluye hacia el norte a lo largo del margen oeste ibérico, sobrepasa el banco de Galicia alcanzando el mar Cantábrico y altas latitudes hasta el banco de Porcupine (Prieto *et al*, 2013).

Algunos autores sugieren que las montañas submarinas como esta funcionan como islas en el conjunto del océano y que por su estructura tridimensional proporcionan un gran número de microhabitats que pueden hospedar una elevada cantidad de especies de fauna bentónica.



**Figura 1.** Localización del banco de Galicia en el que se señala, mediante un asterisco, el punto de muestreo donde se localizó *T. inextum*. Location of the Galicia Bank in which the sampling point where *T. inextum* was located is indicated by an asterisk.

Por su aislamiento de la costa, ha sido una región particularmente poco estudiada (Duineveld *et al.*, 2004) a pesar de que en los últimos años, consecuencia del proyecto INDEMARES, se han publicado nuevas aportaciones en lo referente a corales de aguas frías, peces y crustáceos (Altuna 2012, Bañón *et al.*, 2011, Baba & McPherson 2012, Cartes *et al.*, 2014).

Respecto al filo Porifera, aunque se han realizado algunas campañas oceanográficas con muestreos en el banco no hay resultados publicados. Recientemente se ha descubierto una nueva especie de esponja carnívora, *Chondrocladia robertballardi* (Cristobo *et al.*, 2014), emplazada entre otros ambientes, en el banco de Galicia.

El Proyecto INDEMARES Banco de Galicia (2009-2013), cofinanciado por la Unión Europea (LIFE+) y liderado por el Instituto Español de Oceanografía en colaboración con distintas Universidades, ha tenido como objetivo principal, proporcionar la información necesaria para establecer distintas figuras de protección que contribuyan a la conservación de la biodiversidad en el territorio español, cumpliendo con las normativas europeas. Derivado es este estudio, se ha propuesto a esta zona para su inclusión en la lista de lugares de importancia comunitaria de la Red Natura 2000 (BOE 176/2014).

## 2. Material y métodos

Las muestras se tomaron en el transcurso de la expedición científica INDEMARES Bangal 0810 en el banco de Galicia a bordo del B/O Thalassa (IFREMER/IEO) en agosto de 2010, con una draga de roca, con la que se realizaron arrastres de una duración de entre 5 y 10 minutos en función de la naturaleza del fondo. Este arte tiene 80 x 30 cm de boca con una malla doble: la interior de 8-10 mm de luz destinada a retener los ejemplares más inconspicuos, y la exterior más fuerte que soportará el peso de la muestra. En el exterior la draga dispone de un material de sacrificio destinado a evitar la rotura de la red al engancharse con las rocas del fondo. Al desplazarse arrastrando sobre el fondo marino, la boca metálica rectangular, toma muestras de este sustrato, además de romper fragmentos de roca que son depositados en el interior de la red, siendo recogidos posteriormente en la superficie, al izar la draga. Para el arrastre de la draga de roca se empleó la maquinilla de pesca, siendo la velocidad de arrastre lo más baja posible, entre 1.5 y 6 nudos (Fig. 2).

La colección de muestras se conservó en etanol 70-80%. Las espículas se prepararon tanto para microscopía óptica y electrónica de barrido (SEM) al hervir una pequeña pieza de esponja en ácido nítrico en un portaobjetos de vidrio (Cristobo *et al.*, 1993). La disposición esquelética y las espículas (SEM) de los especímenes se examinaron con un microscopio JEOL-6100 en el servicio de microscopía electrónica de la Universidad de Oviedo.

## 3. Resultados

- Filo Porifera Grant, 1836
- Clase Demospongiae Sollas, 1885



**Figura 2.** A) Buque Oceanográfico Thalassa utilizado en la campaña Indemares 0710. B) Draga de roca empleada para la recolección de muestras en sustratos duros. C-E) Muestra en la que se recolectaron los ejemplares de *T. intextum*. F) Operaciones de tamizado y lavado del material. A) *Thalassa Oceanographic vessel used in the Indemares 0710 cruise.* B) *Rock dredge used for the collection of samples on hard substrates.* C-E) *Sample where the specimens of T. intextum were collected.* F) *Sieving and material washing operations.*

- Subclase Heteroscleromorpha Cárdenas, Perez & Boury-Esnault, 2012
- Orden Tetractinellida Marshall, 1876
- Suborden Astrophorina Sollas, 1887
- Familia Pachastrellidae Carter, 1875

### Diagnosis

Astrophorida cuyas megascleras son habitualmente clatropas, trienas de radios cortos, desmas, o trienas de radios largos, pero no siempre, en combinación con megascleras monoaxonas (típicamente oxas, raramente estilos o estrongilos). Las microscleras son estreptasteres y/o microscleras monoaxonas pero nunca euasteres. El esqueleto ectosómico está constituido por una fila de microscleras formando un tejido al que se refiere ocasionalmente como pseudocortex. (Maldonado, 2002)

- Género *Triptolemma* de Laubenfels, 1955

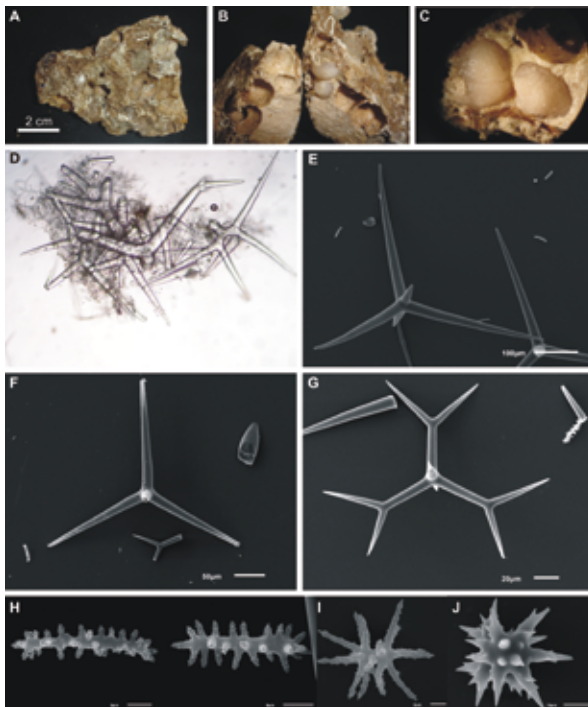
## Diagnosis

Pachastrellidae que penetran en el tejido de otras esponjas. Se caracterizan por tener megascleras exclusivamente mesotrienas de radio corto con diversidad de clados. Las microscleras son estreptasteres de una o dos categorías y ocasionalmente microxas.

## *Triptolemma intextum* (Carter, 1876)

### Sinónimos (Cardenas & van Soest, 2015)

- *Pachastrella intexta* Carter, 1876
- *Pachastrella intextum* Carter, 1876
- *Pachastrella parasitica* (Carter, 1876)
- *Samus (Pachastrella) parasiticus* Carter, 1880
- *Samus parasiticus* Carter, 1880



**Figura 3.** *Triptolemma intextum*: A-C) Habitus de la especie en el interior de rocas calcáreas. D) Fotografía mediante microscopio óptico de los principales elementos esqueléticos. E-F) Mesocalthrops. G) Dichomesotriaenes. H) Microrhabdes. I-J) Anfiasteres. *Triptolemma intextum*: A-C) Habitus of the species inside calcareous rocks. D) Photograph by optical microscope of the main skeletal elements. E-F) Mesocalthrops. G) Dichomesotriaenes. H) Microrhabs. I-J) Amphiasters.

- *Triptolemma intextus* (Carter, 1876)
- *Triptolemma parasiticum* (Carter, 1876)

### Material estudio

Código de campo: BG0810\_82DR1. Banco de Galicia NE Atlántico, NO España, 42°40,866N; 011°36,645W, 999 m; 8 de agosto de 2010; B/O Thalassa (IFREMER / IEO).

### Distribución

La especie fue recolectada una única vez en aguas de Portugal al sur de cabo San Vicente (Carter, 1876) por lo que con el presente trabajo se amplía su rango de distribución latitudinal hasta los 42°40'N y batimétrico desde 684 m hasta 1000 m.

### Hábitat

*Triptolemma* es una especie críptica excavadora que penetra en los tejidos de otras esponjas o en corales (Cárdenas *et al*, 2011). En contraste con otras especies descritas de este género, los ejemplares de *T. intextum* del banco de Galicia han sido recolectados excavando piedras de naturaleza calcárea en un fondo rocoso en el que la muestra se componía de rocas de distinta naturaleza hasta 40 cm de diámetro.

### Descripción

Esponjas de forma globosa, masivas, de hasta 2 cm de diámetro, relleno de cavidades en sustratos duros (rocas calcáreas), de color beige/crema cuando están vivos. Superficie con una fina hispidación, de aspecto vidrioso y un simple ósculo que comunica el cuerpo de la esponja con el ambiente exterior de la roca a través de una pequeña abertura.

### Esqueleto

Presenta una apariencia confusa, sin organización aparente.

### Espículas

Mesocaltropas con los clados puntiagudos. Clados largos 330 µm; clados cortos 50 µm 22-25 µm diámetro.

Dicomesotrienas con clados de 60 µm regularmente bifurcados y extremos puntiagudos de 50 µm.

Microrhabdes densamente espinosos de 35-40 x 4,5 µm.

Anfiásteres con clados de 5-6 µm de longitud, microespinosos.

## 4. Discusión

Hasta la fecha se han descubierto tan solo 6 especies pertenecientes al género *Triptolemma* de Laubenfels, 1955: *T. cladosum* (Sollas, 1888) de Indonesia, *T. endolithicum* van Soest, 2009 del Caribe, *T. incertum* (Kirkpatrick, 1903) de Sudáfrica, *T. simplex* (Sarà, 1959) del Mediterráneo occidental, *T. strongylata* Bertolino, Pica, Bavestrello, Iwasaki & Calcinai, 2011 de Japón y *T. intextum* (Carter, 1876) del Atlántico norte. La mayor parte de las especies se han encontrado en el interior de otras especies de esponjas como *Neoschrammeniella bowerbankii* (Johnson, 1863), *Discodermia natalensis* Kirkpatrick, 1903, *Corallistes thomasi* Sollas, 1888 o varias especies de Demosponjas del Mediterráneo (Sarà, 1959). Maldonado (2002) sugiere que son capaces de penetrar en los tejidos de otras especies de esponjas y actuar como parásitas. Van Soest (2010) describe *T. endolithicum* en canales y agujeros en el interior de una pieza de coral cubierto por *Diplastrella megastellata* Hechtel, 1965. Este género ha sido recientemente revisado por Bertolino *et al.* (2011) que describen una nueva especie, *T. strongylata* y que vive dentro de agujeros y galerías producidas por las esponjas perforantes *Spiroxya* sp. y *S. corallophila* en coral y *Cliona* sp. en concreciones coralígenas. Por vez primera se encuentra una especie de este género perforando rocas.

La especie ha sido encontrada tan solo en una ocasión anterior al sur de cabo San Vicente (Portugal) a 684 m y de nuevo en el banco de Galicia a 999 m. Debido a la existencia contrastada de una importante masa de agua como es la vena de agua mediterránea que fluye desde el estrecho de Gibraltar por la costa oeste de la península ibérica hacia altas latitudes que rodean al banco de Galicia a profundidades entre 600 y 1200 m, lo más probable es que la dispersión de la especie se haya producido de sur a norte.

*T. intextum* se cita por primera vez después de la descripción original y se muestran por vez primera las espículas mediante microscopio electrónico de barrido.

## 5. Agradecimientos

A Alberto Serrano, del Centro Oceanográfico de Santander, Investigador Principal del Proyecto Indemares Banco de Galicia por su total colaboración y ayuda durante la campaña y en el desarrollo del proyecto.

Los autores quieren agradecer el soporte técnico prestado por Alfredo Quintana del servicio de microscopía electrónica de la Universidad de Oviedo en la utilización del microscopio electrónico de barrido.

Especialmente ha sido de gran ayuda el trabajo a bordo de Carmen Vázquez para la separación y el procesado de las muestras y el de Daniel González en el las preparaciones de las espículas.

Un agradecimiento muy especial a la tripulación del B/O Thalassa por su profesionalidad durante la campaña.

Este trabajo es una contribución al proyecto INDEMARES (07/NAT/E/ 000732) financiado por la Comisión Europea por medio de la convocatoria LIFE+ (Naturaleza y Biodiversidad). La Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha sido la institución encargada de la coordinación del proyecto en el cual además del IEO, han participado otras instituciones y organizaciones no gubernamentales.

## 6. Referencias

- Altuna, A.** (2012). *Sideractis glacialis* Danielsen, 1890 (Anthozoa, Corallimorpharia), una especie nueva para la fauna ibérica procedente del banco de Galicia y del cañón de La Gaviera (Golfo de Vizcaya) (España, Atlántico NE). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)*, 106: 151-161.
- Baba, L. and Macpherson E.** (2012). A new squat lobster (Crustacea: Decapoda: Anomura: Chirostylidae) from off NW Spain. *Zootaxa* 3224: 49-56.
- Bañón, R., J.C. Arronte, A. Serrano and F. Sánchez.** (2011). First records of Purplemouthed conger *Pseudoplichthys splendens* (Anguilliformes: Congridae) from the Galicia Bank (NW Spain). A northward range extension of their distribution in the eastern Atlantic. *Cybiium*, 35(3), 262-264.
- Bertolino, M.; Pica, D.; Bavestrello, G.; Iwasaki, N.; Calcinaï, B.** (2011). A new species of *Triptolemma* (Porifera: Pachastrellidae) from the Pacific Ocean with a revision of the genus. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91 (2): 329-338.
- B.O.E. nº 176** (2014). Orden AAA/1299/2014, de 9 de julio, por la que se aprueba la propuesta de inclusión en la lista de lugares de importancia comunitaria de la Red Natura 2000 de los espacios marinos ESZZ16001 Sistema de cañones submarinos occidentales del Golfo de León, ESZZ16002 Canal de Menorca, ESZZ12002 Volcanes de fango del Golfo de Cádiz y ESZZ12001 Banco de Galicia.
- Cárdenas, P.; van Soest, R.** (2014). *Triptolemma* de Laubenfels, 1955. In: Van Soest, R.W.M.; Boury-Esnault, N.; Hooper, J.N.A.; Rützler, K.; de Voogd, N.J.; Alvarez de Glasby, B.; Hajdu, E.; Pisera, A.B.; Manconi, R.; Schoenberg, C.; Janussen, D.; Tabachnick, K.R.; Klautau, M.; Picton, B.; Kelly, M.; Vacelet, J.; Dohrmann, M.; Díaz, M.-C.; Cárdenas, P. (2016) World Porifera database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/porifera/porifera.php?p=taxdetails&id=170319> on 2016-03-29
- Cárdenas P, Xavier JR, Reveillaud J, Schander C, Rapp HT** (2011) Molecular Phylogeny of the Astrophorida (Porifera, Demospongiae) Reveals an Unexpected High Level of Spicule Homoplasy. *PLoS ONE* 6(4): e18318. doi:10.1371/journal.pone.0018318
- Carter, H.J.** (1876). Descriptions and Figures of Deep-Sea Sponges and their Spicules, from the Atlantic Ocean, dredged up on board H.M.S.'Porcupine', chiefly in 1869 (concluded). *Annals and Magazine of Natural History* (4) 18(105): 226-240; (106): 307-324; (107): 388-410; (108): 458-479, pls XII-XVI.
- Cartes, J.E., Papiol, V., Frutos, I., Macpherson, E., González-Pola, C., Punzón, A., Valeiras, X. and Serrano, A.** (2014). Distribution and biogeographic trends of decapod assemblages from Galicia Bank (NE Atlantic) at depths between 700 to 1800 m, with connections to regional water masses. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 106: 165-178 <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.09.034>
- Cristobo, J., Rios, P., Pomponi, S.A. and Xavier, J.** (2014) A new carnivorous sponge, *Chondrocladia robertballardi* sp. nov. (Porifera: Cladorhizidae) from two north-east Atlantic seamounts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95 (07): 1345-1352 doi:10.1017/S0025315414001325.
- Cristobo F.J., Urgorri V., Solórzano M.R. and Rios P.** (1993) Métodos de recogida, estudio y conservación de las colecciones de poríferos. In Palacios F, Martínez C. and Thomas B. (eds). International Symposium and First World Congress on Preservation and Conservation of Natural History Collections, Madrid 2, Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Ministerio de Cultura, Madrid, pp. 277-287.
- de la Torre, A. Serrano, A., Druet, M., Gómez-Ballesteros, M., Acosta, J., Parra, S., Lourido, A., Fernández-Feijoo, J., Ruiz-Villarreal, M., González-Pola, C., Vázquez, C., Cristobo, J., Rios, P., Valeiras, X., Fernández, P., Arronte, J.C., Blanco, M., Frutos,**
- I., Punzón, A., Rodríguez-Cabello, C., Bañón, R., Preciado, I., Cartes, J.E., Papiol, V., Arcos, J.M., López, A., Martínez-Cedeira, J.A., Sánchez, F., García-Alegre, A., Tello, O.** (2014). Banco de Galicia. Areas de estudio del proyecto LIFE+ INDEMARES. Proyecto LIFE+ INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 100 pp.
- Duineveld, G. C. A.; Lavaley, M. S. S. and Berghuis, E. M.** (2004). Particle flux and food supply to a seamount cold water coral community (Galicia Bank, NW Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 277: 13-23.
- Druet M., Acosta, J., Gomez-Ballesteros, M., Serrano, A. and Sanchez, F.** (2009). Preliminary study of the Galicia Bank seafloor (west Iberia continental margin) for the vulnerable marine ecosystems. In: Eds: G. Flor, J. Gallastegui, G. Flor-Blanco, J. Martín Llana. *Nuevas Contribuciones al Margen Ibérico Atlántico-2009*, Universidad de Oviedo.
- Maldonado M.** (2002) Family Pachastrellidae. In: Hooper JNA, van Soest RWM (eds). *Systema Porifera: a guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. pp. 141-162.
- Prieto, E., González-Pola, C., Lavín, A., Sánchez, R. F., and Ruiz-Villarreal, M.** (2013). Seasonality of intermediate waters hydrography west of the Iberian Peninsula from an 8 yr semiannual time series of an oceanographic section, *Ocean Sci.*, 9, 411-429, doi:10.5194/os-9-411-2013.
- Sarà, M.** (1959). Specie nuove di Demospongie provenienti da acque superficiali del golfo di Napoli. *Annuario dell' Istituto e Museo di Zoologia dell' Università di Napoli* 11(7): 1-22, pl. 1.
- van Soest RWM, Beglinger EJ, de Voogd NJ** (2010) Skeletons in confusion: a review of astrophorid sponges with (dicho-)calthrops as structural megascleres (Porifera: Demospongiae: Astrophorida). *Zookeys* 68: 188.







**Temas de Oceanografía,** es una colección de textos de referencia, que el Instituto Español de Oceanografía (IEO) publica con el fin de mejorar la difusión de la información científica relativa a las ciencias del mar dentro de la propia comunidad científica y entre los sectores interesados en estos temas.

